



Universidad
Carlos III de Madrid

PROYECTO FIN DE CARRERA

***CABLEADO Y PUESTA EN
MARCHA DE PUESTO DE
LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN. MECANIZADO
DE TALADRO AUTOMATIZADO***

*Ingeniería Técnica Industrial Electrónica
Industrial*

Autor: JUAN DIEGO TENA FERNÁNDEZ

Tutor: ALBERTO JARDÓN HUETE

Agradecimientos

Agradecer en primer lugar a mi tutor Alberto Jardón Huete por la comprensión y la ayuda a la hora de la realización del Proyecto Fin de Carrera. Sobre todo por haber retomado la elaboración después de un largo periodo de inactividad. También quiero agradecer a Carlos de la Vega por la ayuda y colaboración en la realización del proyecto.

Quisiera también agradecer a mi familia por el apoyo y que sin su ayuda posiblemente no habría finalizado el Proyecto. En especial a mi novia Belén y a mi madre que han sido durante bastante tiempo el pilar más importante de mi vida. Gracias a las dos por apoyarme y comprenderme.

Finalmente, este proyecto va dedicado a mi padre. Te prometí que finalizaría el proyecto, y aunque ha sido bastante más tarde de lo que yo esperaba, por fin lo he terminado. Me gustaría que estuvieras presente en estos momentos tan importantes de mi vida, pero siempre te llevo y llevare en el corazón.

Resumen

El Proyecto Fin de Carrera titulado: “Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado”, trata sobre la construcción de un nuevo puesto de laboratorio para las practicas del área de automatización industrial de la Universidad Carlos III.

El puesto de laboratorio consiste en una maquina-herramienta que realiza taladros de forma automática. El puesto está formado por un armario eléctrico y una maqueta. En el armario eléctrico se encuentran los dispositivos de control y los componentes de alimentación y seguridad. La maqueta representa al taladro mediante diferentes sensores y actuadores.

La automatización del puesto se realiza mediante tres dispositivos: autómatas programable, variador de frecuencia y panel de operador. El autómata programable es el elemento principal y mediante su programación interna y el estado de las diferentes señales realiza el proceso de automatización. El variador de frecuencia adapta la velocidad y sentido de giro del motor dependiendo del estado del proceso en el que se encuentre la maquina. Por último, el panel de operador sirve para dar información y modificar algunos parámetros del proceso. Además, en la puerta del armario se encuentran pulsadores y selectores para el control del proceso.

La maqueta está formada por una imagen ilustrativa, sensores y actuadores. Los sensores son tres finales de carrera, para determinar la posición de la unidad de mecanizado; dos detectores de proximidad inductivos para el cilindro que fija la pieza y otro detector de proximidad capacitivo para comprobar si hay pieza colocada. Los actuadores están representados por diferentes leds que simulan el funcionamiento del cilindro neumático y su válvula de control. Además, hay varios leds informativos que indican diferentes estados del proceso.

La función del puesto de laboratorio es la realización de un taladro no pasante, en tres taladros consecutivos, de forma automatizada. Para ello se ha implementado una aplicación en el autómata programable que realiza este proceso de forma segura y cumpliendo diferentes especificaciones. También se han generado diferentes pantallas en el panel de operador para la supervisión y control del proceso. Así como, un tipo de proceso manual en el que el mecanizado lo controla el usuario desde el panel de operador.

En el presente documento existen dos manuales de uso, uno para alumnos y otro para profesores. Detallando las tareas a realizar y algunas indicaciones del puesto de laboratorio. En el manual del profesor existe una solución a las tareas planteadas.

Abstrac

The end of career Project: "Wiring and implementation job of automation laboratory. Mechanization automated drill", deals on the construction of a new job of laboratory for the practices of the industrial automation area of the Universidad Carlos III.

The job of laboratory consists in a machine tool that drills in automatic mode. The job is composed of one electrical cabinet and a model. In the electrical cabinet are control devices and the components of supply and security. The model represents the drill with different sensors and actuators.

The automation of the job is performed by three devices: programmable logic controller, frequency inverter and touch screen panel. The programmable controller is the principal element and by means of his internal programming and the state of the different signs accomplishes the process of automation. The frequency inverter adapts the velocity and spin direction of the engine depending on the status of the process in the fact that you find the machine. Finally, touch screen panel is useful for giving information and to modify some parameters of the process. Besides, in the electrical cabinet door are the press buttons and selectors for the control of the process.

The model is composed of an illustrative image, sensors and actuators. The sensors are three limit switch, to determine the position of the machining unit; two inductive detectors of proximity for the cylinder and another capacitive detector of proximity to check if there is placed a piece. The actuator are represented for different led's that they simulate the functioning of the pneumatic cylinder and his control valve. Besides, there are several informative led's that indicate different phases of the process.

Function of the job of laboratory is the realization of a drill not passing, in three consecutive drills, of automated form. An application in the programmable logic controller that accomplishes this process of safe form has taken effect for it and obeying different specifications. They have also generated different screens in operator's panel for supervision and control of the process. As well as, a kind of manual mechanization process controlled by the user from operator's panel.

Two manuals of use, one for students and another one for professors exist in the present document. Detailing the tasks to realize and some indications of the job of laboratory. A solution to the presented tasks exists in the professor's manual.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVO E INTERÉS.....	2
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y OBJETIVOS	2
1.4 ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO.....	6
 CAPÍTULO 2.- DESCRIPCION DE COMPONENTES	 8
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MAQUETA.....	8
2.2 COMPONENTES ELÉCTRICOS.....	11
2.2.1 ELEMENTOS DE ALIMENTACIÓN Y SEGURIDAD.....	12
2.2.2 ELEMENTOS DE CONTROL.....	15
2.2.3 SELECTORES Y PULSADORES.....	22
 CAPÍTULO 3.- CONFIGURACION DEL PUESTO	 24
3.1 INTRODUCCIÓN.....	24
3.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS	25
3.3 CONFIGURACIÓN DEL PUESTO	25
3.3.1 CONFIGURACIÓN DEL AUTÓMATA S7.....	25
3.3.2 CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.	30
3.3.3 CONFIGURACIÓN DEL PANEL TÁCTIL.....	37
3.3.4 CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIONES.....	39
 CAPÍTULO 4.- AUTOMATIZACION DEL PUESTO	 49
4.1 INTRODUCCIÓN.....	49

4.2	DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE LABORATORIO.....	50
4.3	APLICACIÓN IMPLEMENTADA.....	53
4.4	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.....	58
4.4.1	PROGRAMACIÓN PLC S7	58
4.4.2	PROGRAMACIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA.....	78
4.4.3	PROGRAMACIÓN PANEL TÁCTIL.....	82
CAPÍTULO 5.-	MANUALES DE USO.....	105
5.1	INTRODUCCIÓN.....	105
5.2	MANUAL DE USO DE ALUMNOS	106
5.3	MANUAL DE USO DE PROFESOR.....	128
CAPÍTULO 6.-	CONCLUSIONES.....	164
6.1	APORTACIONES	164
6.2	FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO	166
CAPÍTULO 7.-	PRESUPUESTO.....	168
7.1	INTRODUCCIÓN.....	168
7.2	PRESUPUESTO	169
APÉNDICE A.-	ESQUEMAS ELÉCTRICOS	172
A 1.	INTRODUCCIÓN.....	172
A 2.	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.....	173
APÉNDICE B.-	PROGRAMA DE AUTOMATIZACION DESARROLLADO ...	197
B 1.	INTRODUCCIÓN.....	197
B 2.	PROGRAMAS DESARROLLADOS EN EL 314 2DP	198
	OB1: Inicialización, llamada a funciones y emergencia	198

FC1: Puesta en servicio y selección de proceso.....	201
FC2: Ciclo Automático.	202
FC3: Ciclo Manual.....	205
FC4: Activación de salidas.....	206
DB10: Contador de piezas y temporizadores.....	218
DB12: Avisos de servicio.....	219
DB14: Velocidades.....	220
BIBLIOGRAFÍA	221

Índice de Figuras

Figura 1.1. Puesto de laboratorio	3
Figura 1.2. Interior armario eléctrico.....	3
Figura 1.3. Puerta armario eléctrico.....	4
Figura 1.4. Maqueta de mecanizado.....	4
Figura 1.5. Arquitectura de control para el puesto de laboratorio.....	6
Figura 2.1. Maqueta de mecanizado.....	8
Figura 2.2. Motor.....	10
Figura 2.3. Detector de proximidad inductivo.....	10
Figura 2.4. Detector de proximidad capacitivo.....	11
Figura 2.5. Final de carrera.....	11
Figura 2.6. Interruptor principal.....	12
Figura 2.7. Interruptores diferencial y automático.....	12
Figura 2.8. Base de enchufe.....	13
Figura 2.9. Interruptor automático para el motor.....	13
Figura 2.10. Interruptores automáticos PLC.....	14
Figura 2.11. Contactor de potencia motor.....	14
Figura 2.12. Modulo de seguridad.....	15
Figura 2.13. Fuente de alimentación PLC.....	16
Figura 2.14. Unidad central de proceso. CPU.....	17
Figura 2.15. Panel de operador TP170A.....	18
Figura 2.16. Vista inferior panel de operador TP170A.....	19
Figura 2.17. Micromaster 420.....	21
Figura 2.18. Selector principal.....	22
Figura 2.19. Selector automático-manual.....	22
Figura 2.20. Pulsadores de servicio, marcha, rearme y reset.....	23
Figura 2.21. Pulsador de emergencia.....	23
Figura 3.1. Asistente de proyectos del Administrador SIMATIC.....	26
Figura 3.2. Configuración de Hardware PLC.....	26
Figura 3.3. Configuración Hardware PLC: CPU.....	27
Figura 3.4. Configuración Hardware PLC: Fuente de Alimentación.....	28
Figura 3.5. Configuración de Hardware PLC: Modo de operación.....	28
Figura 3.6. Configuración de Hardware PLC: Entradas y salidas.....	29
Figura 3.7. Configuración de Hardware PLC: Rango de tensión salida analógica.....	29
Figura 3.8. Configuración de Hardware PLC: Byte de marcas.....	30
Figura 3.9. Asistente de proyectos STARTER.....	31
Figura 3.10. Asistente de proyectos Starter: Nombre de proyecto.....	31
Figura 3.11. Configuración Variador de frecuencia. Comunicación.....	32
Figura 3.12. Configuración Variador de Frecuencia: Tipo de Micromaster.....	32
Figura 3.13. Configuración Variador de frecuencia: Resumen.....	33
Figura 3.14. Árbol de ventanas STARTER.....	33
Figura 3.15. Configuración de motor: Región de uso.....	34
Figura 3.16. Configuración de motor: Características técnicas del motor.....	34
Figura 3.17. Configuración de motor: Curva característica de funcionamiento.....	35
Figura 3.18. Configuración de motor: Fuentes de control.....	35
Figura 3.19. Configuración de motor. Parámetros de funcionamiento.....	36
Figura 3.20. Configuración de motor: Resumen.....	36
Figura 3.21. Asistente de configuración de ajustes del nuevo proyecto.....	37
Figura 3.22. Elección del tipo de proyecto según los distintos perfiles de instalación.....	38
Figura 3.23. Selección de panel de operador y del autómatas.....	38
Figura 3.24. Pagina de información del proyecto.....	39
Figura 3.25. Esquema de comunicaciones PC-PLC.....	40
Figura 3.26. Configuración PC-Adapter.....	40
Figura 3.27. Transferencia de proyecto.....	41
Figura 3.28. Configuración comunicación PC-Micromaster.....	42
Figura 3.29. Creación de Red MPI.....	43
Figura 3.30. Propiedades de la red MPI.....	43

Figura 3.31. Propiedades del autómata.	44
Figura 3.32. Propiedades del interface MPI del autómata y conexión a la red.	44
Figura 3.33. Insertar PC en la red MPI.	45
Figura 3.34. Propiedades del PC.	45
Figura 3.35. Insertar panel de operador.	46
Figura 3.36. Propiedades interface MPI panel de operador.	47
Figura 3.37. Red MPI.	47
Figura 3.38. Configuración de conexión de panel de operador desde WinCC.	48
Figura 4.1. Maqueta de mecanizado.	50
Figura 4.2. Representación de elementos de la maqueta de mecanizado.	50
Figura 4.3. Puerta del armario eléctrico.	51
Figura 4.4. Representación de elementos de la puerta del armario.	51
Figura 4.5. Símbolos de entradas, salidas y variables.	59
Figura 4.6. Flujograma OB1.	60
Figura 4.7. Flujograma secuencia de emergencia.	61
Figura 4.8. Flujograma FC1. Puesta en servicio y selección de proceso.	62
Figura 4.9. Flujograma FC2. Ciclo automático.	65
Figura 4.10. Flujograma FC3. Ciclo manual.	68
Figura 4.11. Temporizadores.	69
Figura 4.12. Temporizador 3. Retardo para cambio de sentido de giro del motor.	70
Figura 4.13. Contador de piezas.	71
Figura 4.14. Transferencia de velocidad a la salida analógica.	73
Figura 4.15. Reset del registro de velocidad.	73
Figura 4.16. Carga de velocidad en el registro.	74
Figura 4.17. Velocidad actual del motor.	74
Figura 4.18. Señales de control y función entradas digitales variador de frecuencia.	79
Figura 4.19. Rango de voltaje de entrada analógica del variador de frecuencia.	80
Figura 4.20. Curva característica Voltaje-Frecuencia variador de frecuencia.	81
Figura 4.21. Panel de operador básico BOP.	81
Figura 4.22. Estructura del proyecto WinCC.	82
Figura 4.23. Plantilla de imágenes.	83
Figura 4.24. Creación de una variable desde la ventan de herramientas.	87
Figura 4.25. Ventana de propiedades de un Campo E/S.	87
Figura 4.26. Teclado alfanumérico de un campo de entrada.	87
Figura 4.27. Pantalla inicial panel de operador.	88
Figura 4.28. Eventos permitidos en un pulsador.	89
Figura 4.29. Eventos permitidos en un interruptor.	89
Figura 4.30. Lista de funciones del sistema del TP170A.	89
Figura 4.31. Vinculación de una función de sistema con una variable.	89
Figura 4.32. Configuración de una variable para los avisos de bit.	92
Figura 4.33. Creación de avisos de bit.	92
Figura 4.34. Procedimiento para insertar un campo en un aviso de bit.	93
Figura 4.35. Proceso para agregar vista de avisos a una imagen.	93
Figura 4.36. Propiedades de una ventana de avisos.	93
Figura 4.37. Opciones de visualización de los avisos.	94
Figura 4.38. Superficies de estado del TP170A.	94
Figura 4.39. Configuración de la imagen inicial.	95
Figura 4.40. Plantilla de imágenes.	96
Figura 4.41. Imagen inicial.	96
Figura 4.42. Pantalla MENÚ PRINCIPAL.	97
Figura 4.43. Pantalla PROCESO.	98
Figura 4.44. Pantalla MANUAL.	100
Figura 4.45. Interruptor de Avance/Retroceso.	101
Figura 4.46. Pantalla VELOCIDADES.	102
Figura 4.47. Pantalla TIEMPOS.	103
Figura 6.1. Esquema de conexiones.	165

Índice de Tablas

Tabla 2.1. Interruptor DIL. Configuración interfaz IF1B TP170A.....	20
Tabla 4.1. Entradas digitales.	52
Tabla 4.2. Salidas digitales.....	52
Tabla 4.3. Salidas analógicas.....	52
Tabla 4.4. Codificación de estados.....	60
Tabla 4.5. Bloque de datos DB12.....	75
Tabla 4.6. Entradas digitales Panel de operador.	85
Tabla 4.7. Salidas digitales y marcas Panel de operador	85
Tabla 4.8. Bloques de datos Panel de operador.	86

CAPÍTULO 1

Introducción.

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto surge por la necesidad de crear un nuevo puesto de laboratorio para su uso en las prácticas de las asignaturas del área automatización industrial impartidas en la Universidad Carlos III de Madrid.

Para el nuevo puesto de laboratorio de automatización se pensó en un conjunto que incluya diferentes equipos y áreas de automatización. Este conjunto está formado por una maqueta y un armario eléctrico. La maqueta representa la máquina con una imagen ilustrativa y diferentes sensores y actuadores. Por otro lado, el armario eléctrico aloja todos los elementos de alimentación y seguridad y los diferentes dispositivos de control y automatización.

Mediante este puesto de laboratorio los alumnos practicarán sobre un entorno industrial automatizado. Con este puesto los alumnos automatizarán un proceso de fabricación mediante diferentes tipos de dispositivos de control.

1.2 OBJETIVO E INTERÉS

El objetivo principal del presente proyecto es la construcción de un nuevo puesto de laboratorio para las prácticas impartidas en la Universidad Carlos III. Para conseguir este objetivo final se han cumplido paulatinamente diferentes objetivos secundarios.

El primer objetivo para conseguir la fabricación final del puesto de laboratorio es el montaje de todos los elementos sobre los perfiles insertados en el armario eléctrico.

El segundo de los objetivos es el cableado de todo el puesto de laboratorio. Siguiendo los esquemas eléctricos, incluidos en el Apéndice B, suministrados por el fabricante. La parte principal a cablear era el armario eléctrico, ya que en él se encuentran la mayor parte de los elementos del puesto de laboratorio. Una vez finalizado el cableado de todos los dispositivos se realizó una comprobación de dicho cableado, siguiendo los esquemas eléctricos.

El tercer objetivo es la puesta en marcha del puesto de laboratorio. Para ello se ha desarrollado una aplicación, en la cual son usados todos los elementos que componen el puesto.

El cuarto y último objetivo es la redacción del presente documento.

Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es el cableado y puesta en marcha del puesto de laboratorio, implementando una aplicación de ejemplo que compruebe el correcto funcionamiento de todo el sistema. Posteriormente, el puesto de laboratorio se encuentra preparado para el uso de los alumnos en las prácticas impartidas en la universidad.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y OBJETIVOS

El proyecto desarrollado se trata de un puesto de mecanizado automatizado para las prácticas de la universidad. La funcionalidad principal del puesto de laboratorio es la realización de un taladro a una pieza de forma automatizada.

El puesto de laboratorio está compuesto por dos elementos principales: maqueta y armario eléctrico. La maqueta representa la máquina herramienta que realiza el mecanizado, incluyendo dispositivos de sujeción, unidades de desplazamiento, motor y elementos de señalización. El armario eléctrico está compuesto por todos los elementos necesarios para el funcionamiento del puesto. Se incluyen elementos de alimentación, seguridad y control. En la siguiente imagen se observa el puesto de laboratorio al completo:



Figura 1.1. Puesto de laboratorio.

El control del puesto se realiza desde los elementos situados en la puerta del armario, desde el panel táctil y los pulsadores. El funcionamiento del sistema se realiza desde el autómatas programable.

El presente proyecto abarca desde la instalación de los elementos en su posición hasta la puesta en marcha del puesto de laboratorio.

En primer lugar, se ha realizado la colocación de todos los dispositivos en el armario eléctrico. La parte interior está dividida en cuatro filas. En la primera y tercera se encuentran los elementos de alimentación y seguridad (automáticos, diferenciales,...) En la segunda fila están dos de los dispositivos de control: variador de frecuencia y autómatas programable. Y en la última fila se está destinada para bornes de paso aislantes, utilizados en el cableado de los elementos.



Figura 1.2. Interior armario eléctrico.

Una vez situados los elementos en el interior del armario, se han instalado los dispositivos en la puerta del armario. El elemento principal de la puerta es el panel de operador desde el que se controla y se supervisa el proceso de fabricación. Además, se han instalado varios pulsadores y selectores para el funcionamiento del puesto. En la siguiente imagen se observa la puerta del armario:



Figura 1.3. Puerta armario eléctrico.

La maqueta que representa la máquina-herramienta ya venía montada y cableada interiormente, por lo que solo ha sido necesario el cableado desde la regleta de conexiones hasta el armario. En la siguiente imagen se observa la maqueta al completo:

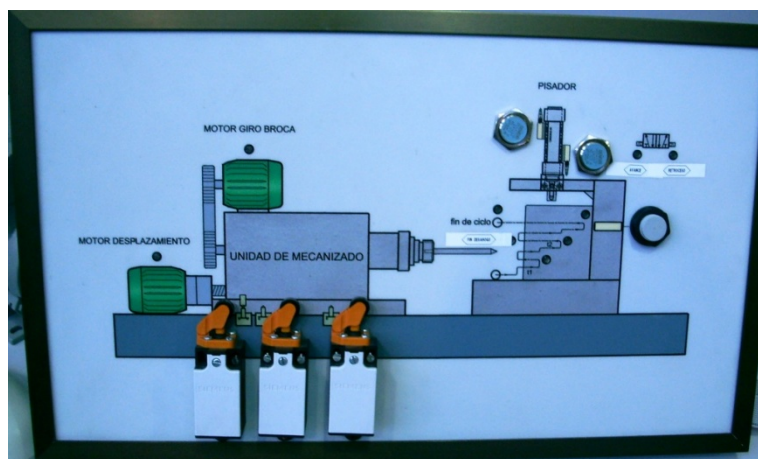


Figura 1.4. Maqueta de mecanizado.

En segundo lugar, se ha realizado el cableado del puesto de laboratorio, siguiendo los esquemas eléctricos suministrados por el fabricante (Apéndice A). Partiendo desde la acometida de tensión situada en el lateral izquierdo del armario, se ha realizado el cableado del resto de elementos, automáticos, diferenciales, enchufes,... Posteriormente se ha realizado el cableado de alimentación de los dispositivos de control (PLC, Variador de frecuencia y

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

Panel de Operador), así como del motor, pasando por los elementos necesarios que indican los esquemas eléctricos. Una vez realizado y comprobado el cableado estos elementos, se ha realizado las conexiones de las entradas y salidas del PLC con los sensores, pulsadores,...Y por último, el cableado de las comunicaciones entre los diferentes dispositivos de control.

Cuando se ha finalizado el cableado de todos los dispositivos se ha realizado la comprobación de todos los cables y conexiones antes de dar tensión al puesto de laboratorio. Una vez comprobado el cableado, se ha procedido a dar tensión al puesto de laboratorio, observando que no existía ningún cortocircuito y todos los dispositivos tenían la tensión adecuada.

El siguiente paso dado es el cableado del puesto de laboratorio. Se ha procedido a la comunicación de los dispositivos de control y el ordenador del puesto, para la programación de los mismos.

Una vez comprobada la comunicación con el PC, se ha programado una sencilla aplicación el autómatas programable, para probar el funcionamiento de todas las entradas y salidas del dispositivo.

Comprobadas todas las entradas y salidas del puesto de laboratorio se ha ideado una aplicación que utilice todos los recursos del puesto de laboratorio. La aplicación implementada consiste en el mecanizado automatizado de una pieza. Este mecanizado consiste en la realización de un taladro no pasante. La automatización la realiza el PLC, en cooperación con el panel de operador y el variador de frecuencia. Mediante la botonera del armario se arranca el puesto de laboratorio, se inicia el proceso y se para en caso de emergencia. Todo el proceso es supervisado desde la pantalla del panel de operador mediante las diferentes pantallas implementadas. Desde ellas se puede visualizar el proceso, modificar velocidades de trabajo y profundidades de los taladros. Por último el variador de frecuencia proporciona la velocidad al motor dependiendo del estado del proceso.

En la siguiente imagen se observa la arquitectura de control del puesto de laboratorio. Si indican los componentes que componen el puesto de laboratorio y la relación entre ellos.

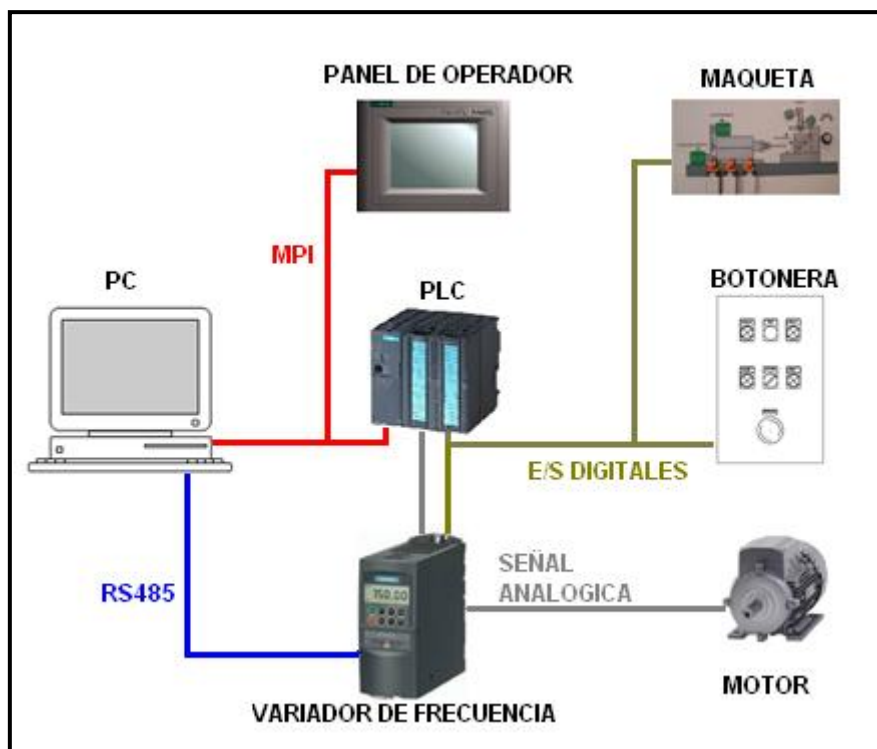


Figura 1.5. Arquitectura de control para el puesto de laboratorio.

1.4 ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se ha dividido en siete capítulos y dos apéndices. La organización del documento se ha realizado partiendo de lo general a lo particular. Es decir, en el primer capítulo se realiza una descripción global del proyecto y en los sucesivos capítulos se realiza una descripción mas pormenorizada de cada uno de los aspectos del proyecto. A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de los capítulos:

- **Capítulo 1: Introducción.-** En este capítulo se realiza una introducción al proyecto. Se explica de que trata el proyecto y se expresan los diferentes objetivos que tiene el proyecto.
- **Capítulo 2: Descripción de componentes.-** Este capítulo describe cada uno de los componentes que forman el puesto de laboratorio. Se realiza una descripción técnica y se incluyen datos técnicos relevantes.
- **Capítulo 3: Configuración del puesto.-** En este capítulo se explica la configuración de los dispositivos de control del puesto de laboratorio. También se citan las herramientas utilizadas para la configuración de los dispositivos y las comunicaciones empleadas.
- **Capítulo 4: Automatización del puesto.-** Capítulo dedicado a explicar el funcionamiento del puesto de mecanizado incluyendo la programación de todos los dispositivos.

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

- **Capítulo 5: Manuales de uso.-** Dentro de este capítulo se encuentran los manuales de uso, tanto para el personal docente como para los alumnos. Estos documentos sirven de guía para el uso y correcto funcionamiento del puesto de laboratorio.
- **Capítulo 6: Conclusiones.-** En este capítulo se expresan las diferentes conclusiones tras el proyecto, las aportaciones realizadas y las futuras líneas de trabajo que se pueden realizar a partir de este proyecto.
- **Capítulo 7: Presupuesto.-** Este capítulo incluye el presupuesto del puesto de laboratorio.
- **Apéndice A: Esquemas eléctricos.-** Incluye los esquemas eléctricos del puesto de laboratorio.
- **Apéndice B: Programa de automatización desarrollado.-** En este capítulo se incluye la programación implementada en el autómatas programable.

CAPÍTULO 2

Descripción de componentes.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MAQUETA

El puesto de mecanizado está compuesto por una maqueta que simula el taladro y por un armario eléctrico en el que se alojan todos los elementos de control, seguridad y alimentación.

La maqueta representa la máquina-herramienta, mediante una imagen que identifica los elementos que componen el taladro. En la siguiente imagen se observa la maqueta:

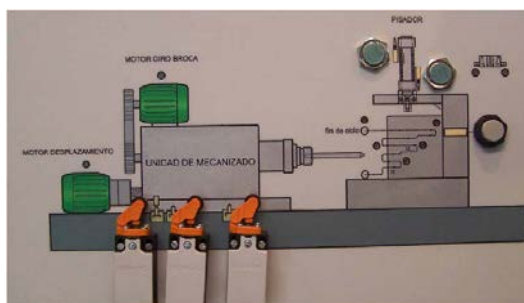


Figura 2.1. Maqueta de mecanizado.

La maqueta está compuesta por los siguientes elementos:

- **Unidad de mecanizado:** Este elemento es el taladro en sí. Aquí están alojados los motores que generan los diferentes movimientos y la porta broca y broca que realizan el mecanizado. El primer motor llamado **motor de desplazamiento** proporciona los movimientos de avance y retroceso del taladro. El otro motor llamado **motor giro broca** se encarga del moviendo de giro de la broca para realizar el taladro. Estos dos motores están representados por un único motor controlado por el variador de frecuencia. Además, se han colocado dos led's para indicar cuando están funcionando.
- **Sistema de sujeción de pieza:** Este elemento se encarga de fijar la pieza a taladrar durante el proceso de mecanizado. Está compuesto por un cilindro neumático de doble efecto gobernado por una válvula de 5/2 vías. Para representar este conjunto se ha optado por dos led's colocados en ambas posiciones de la válvula que indican el avance y retroceso del cilindro y dos detectores de proximidad inductivos que indican cuando el cilindro esta sujetando la pieza y cuando está en posición de reposo. Además, se ha instalado un detector de proximidad capacitivo para detectar la colocación de una pieza metálica.
- **Finales de carrera:** Se han colocado en la maqueta tres micros de posición para indicar las diferentes posiciones de la unidad de mecanizado. El primer final de carrera, **reposo unidad de mecanizado**, indica cuando la unidad de desplazamiento está en la posición de reposo. El final de carrera **deshago de viruta**, indica cuando en el proceso de mecanizado la unidad de mecanizado ha retrocedido para desahogar la viruta producida durante el mecanizado. Y por último, el final de carrera, **fin desplazamiento**, que indica cuando el agujero mecanizado tiene la profundidad final.
- **Lámparas de señalización:** También se han colocado diferentes led's para observar en qué momento del proceso de mecanizado nos encontramos, estos son los siguientes: **led fin desahogo**, que indica cuando la broca ha desahogado; **led realizado taladro 1, 2, 3** tres led's para indicar la profundidad realizada respectivamente; **led reposo** que informa cuando se ha finalizado el mecanizado y la unidad de mecanizado esta en reposo.

A continuación, se realiza una descripción de los componentes anteriormente citados incluyendo características técnicas.

- **Motor.** Este elemento es el encargado de realizar los movimientos de la unidad de mecanizado y del movimiento de giro que combinados realizan el mecanizado de la pieza. Al ser una

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

maqueta representativa se ha optado por un motor de bajo consumo. Es un motor trifásico de 0.12 Kw. de potencia. Este motor está controlado por el variador de frecuencia Micromaster 420. El motor elegido es de la marca Siemens.



Figura 2.2. Motor.

- **Detector de proximidad inductivo.** Se ha optado por la colocación de dos detectores de proximidad inductivos para la detección de las dos posibles posiciones del cilindro neumático que sujeta la pieza a taladrar. Estos detectores tienen un campo de detección de 5 mm, cableados a 3 hilos. El funcionamiento del detector es como un contacto NA y con tecnología PNP. Van fijados a la maqueta mediante un taladro M18. El rango de tensión soportado es de 15 a 34 V DC, y una intensidad en vacío menor de 17 mA y en trabajo de 200 mA. La conexión eléctrica al detector se realiza mediante un conector de M12. Por último, tiene un grado de protección IP67 y entre las medidas de protección se encuentran cortocircuitos, sobrecargas, rotura de hilos, perturbaciones radioeléctricas,...



Figura 2.3. Detector de proximidad inductivo.

- **Detector de proximidad capacitivo.** Dentro del sistema de fijación de piezas, se ha colocado un detector capacitivo para indicar cuando está colocada en posición una pieza. Al igual que los anteriores detectores es marca Siemens con las siguientes características: tensión de empleo 15-64 V DC; intensidad de trabajo 200 mA. Su funcionamiento es como un contacto normalmente abierto con tecnología PNP. La fijación a la maqueta

se realiza con un taladro roscado de métrica 12 y la conexión eléctrica con un conector métrica 12 de 3 hilos.

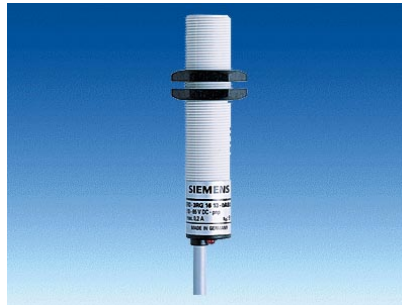


Figura 2.4. Detector de proximidad capacitivo.

- **Final de carrera.** Se han colocado un total de tres finales de carrera mecánicos para detectar cada una de las posiciones de la unidad de mecanizado. Estos dispositivos son de tipo mecánico con una palanca que cuando es presionada actúa sobre los contactos. Tiene dos contactos uno NA y otro NC, en nuestro caso está conectado al NA.



Figura 2.5. Final de carrera.

2.2 COMPONENTES ELÉCTRICOS

En este nuevo apartado se describen los componentes eléctricos que forman el puesto de laboratorio. Estos componentes tienen las funciones de alimentación, seguridad y control del puesto de laboratorio. Estos componentes van desde simples pulsadores a dispositivos más sofisticados como el autómata programable.

Todos estos componentes se encuentran alojados en el armario eléctrico. En primer lugar, se encuentran los elementos de alimentación y seguridad. Estos elementos son interruptores diferenciales, automáticos, limitadores de sobretensión. En segundo lugar, están los dispositivos de control. Estos son el autómata programable, pantalla táctil y variador de frecuencia. Por último lugar, se incluyen los interruptores y pulsadores para el funcionamiento del puesto.

2.2.1 ELEMENTOS DE ALIMENTACIÓN Y SEGURIDAD.

Dentro del armario eléctrico se encuentran todos los componentes eléctricos necesarios para dar y distribuir alimentación a todos los componentes del puesto de laboratorio.

- **Interruptor principal/emergencia.**

En un lateral del armario eléctrico se ha instalado un interruptor principal entre la acometida de tensión del edificio y la instalación eléctrica del puesto de laboratorio. Las características principales son: 3 polos, corriente 16 A.



Figura 2.6. Interruptor principal.

- **Interruptores automáticos y diferenciales.**

Se han instalado dos interruptores diferenciales, asociados a un automático cada uno. El primero de ellos es el principal del armario eléctrico que controla la entrada de la acometida de tensión al sistema. Sus características son: 2 polos, resistencia a cortocircuito: 10 kA, corriente diferencial de disparo: 300 mA, corriente nominal 16 A. También se ha instalado un diferencial automático para la base de enchufe instalada en el armario eléctrico. Es idéntico al principal excepto que la corriente nominal asignada es de 10 A en este caso.

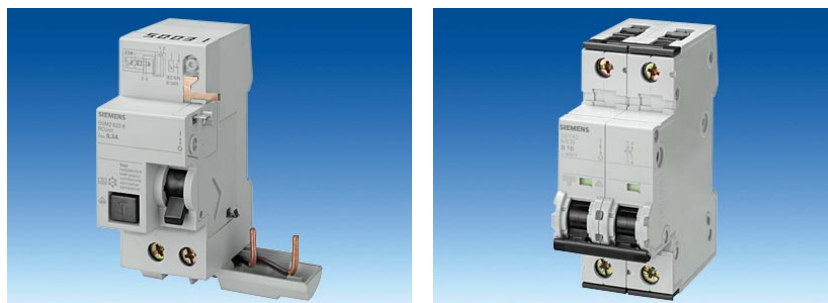


Figura 2.7. Interruptores diferencial y automático.

- **Base de enchufe.**

Se ha instalado una base de enchufe para tener una acometida de tensión en caso de que sea necesario conectar cualquier equipo.



Figura 2.8. Base de enchufe.

- **Interruptor automático para el motor.**

Para la alimentación del motor se ha instalado un interruptor automático. Esta designado como Q1 y es necesaria su activación para el funcionamiento del motor. Las características técnicas principales son las siguientes: 3 polos, potencia 0,12 kW, disparador 6,5 A.



Figura 2.9. Interruptor automático para el motor.

- **Interruptores automáticos PLC.**

Se han instalado cinco interruptores automáticos idénticos para los diferentes subcircuitos del PLC (entradas, salidas,...). Las características principales son: 1 polo, corriente 4 A.



Figura 2.10. Interruptores automáticos PLC.

- **Contactor de potencia motor.**

Se ha instalado este dispositivo para el circuito de mando del motor y del variador de frecuencia. Sus características principales son: 3 polos, corriente de servicio 40 A. Se ha denominado en los esquemas eléctricos como KM1.



Figura 2.11. Contactor de potencia motor.

- **Modulo de seguridad.**

Este modulo de seguridad se ha instalado para usarse como dispositiva de paro de emergencia. Se utiliza en el rearme del puesto tras una emergencia o al encenderlo. Además, se supervisa su estado en la programación del PLC, al estar cableado su circuito de 24VDC. En los esquemas eléctricos ha sido nombrado como KE1.



Figura 2.12. Modulo de seguridad.

2.2.2 ELEMENTOS DE CONTROL.

Para el correcto funcionamiento del puesto de laboratorio se han instalado tres dispositivos de control, que son autómata programable, panel de operador y variador de frecuencia. Se ha optado por una estructura con un elemento que actúa como maestro en el sistema y el resto son los esclavos de dicho sistema. El autómata programable es el maestro del sistema, controla en todo momento las señales existentes en el puesto de mecanizado y envía al resto de elementos del sistema las señales necesarias para el funcionamiento del puesto de laboratorio. El panel táctil es uno de los esclavos y es utilizado para tener control y visualización del funcionamiento del sistema, pudiendo variar algunos parámetros del proceso de mecanizado y en el modo manual tener un control total sobre el proceso. La interacción entre el PLC y el Panel de operador se realiza a través del protocolo MPI mediante los puertos que tienen ambos dispositivos. El otro esclavo del sistema es el variador de frecuencia, que según la información que le envía el PLC actúa sobre el motor, variando su velocidad, sentido de giro y otros parámetros de su funcionamiento. La comunicación entre ambos equipos se realiza a través de dos señales digitales, para los sentidos de giro del motor y una analógica para indicar la velocidad de giro del motor.

A continuación, se realiza una descripción de estos tres dispositivos, indicando sus características principales:

- **Autómata programable.**

El autómata programable o PLC, es un dispositivo electrónico diseñado para controlar diferentes procesos del ámbito industrial. Los sectores de utilización de estos dispositivos son principalmente: industrias del automóvil, plantas químicas, metalúrgica, alimentación, control del tráfico, domótica,...

Los autómatas están principalmente compuestos por la unidad central de proceso (CPU), la memoria y los módulos de entrada/salida. La CPU es el elemento principal ya que realiza el control interno y externo del PLC. Interpreta los valores de las entradas y en función de la programación almacenada en la memoria actúa sobre las salidas u otros dispositivos. También

existen otros elementos que forman un autómata programable, como son: la fuente de alimentación, módulos de comunicación, periferia descentralizada.

Para este puesto de laboratorio se ha optado por un autómata programable de la marca Siemens. El autómata utilizado es de la serie S7-300, formado por una fuente de alimentación y una CPU. A continuación se describen cada uno de estos dispositivos:

- Fuente de Alimentación.

Para la alimentación de la CPU del autómata programable se ha instalado una fuente de alimentación, que suministra una tensión de 24 V DC a la CPU. El modelo elegido es el PS307.



Figura 2.13. Fuente de alimentación PLC.

Las características técnicas de la fuente de alimentación son las siguientes:

- tensión de entrada: 120/230 V AC.
- tensión de salida: 24 V DC.
- Corriente de salida: 5 A.

- Unidad central de proceso (CPU).

La CPU utilizada para la automatización del puesto de laboratorio es el modelo 314C-2DP. Además de la CPU este modulo también contiene los módulos de entrada y salidas, los interfaces de comunicación y la tarjeta de memoria.



Figura 2.14. Unidad central de proceso. CPU.

Las características técnicas principales de la CPU son:

- tensión de entrada: 24 V DC.
- Memoria: 96 KBytes.
- Entradas digitales: 24.
- Salidas digitales: 16.
- Entradas analógicas: 4 (tensión/intensidad) ,1 (resistencia /temperatura).
- Salidas analógicas: 2.
- Rangos de salidas analógicas: 0-10 V o -10-10 V.
- Interfaz 1: RS485. Funcionalidad: MPI.
- Interfaz 2: RS485. Funcionalidad: Maestro DP, Esclavo DP.
- Lenguajes de programación: KOP, FUP, AWL, SCL, CFC, GRAPH, HiGraph.

• Panel de operador.

Los paneles de operador son dispositivos HMI (Interfaz Hombre-Maquina). Ofrecen al usuario posibilidades de representar gráficamente estados de servicios, valores de proceso actuales y averías de un control acoplado, además, se puede manejar y observar de forma confortable la máquina o instalación que se supervisa.

Los paneles han sido concebidos para el manejo y control confortable de máquinas. Ellos posibilitan una representación gráfica casi real de la máquina o instalación que se supervisa. El área de uso comprende, entre otras cosas, aplicaciones en la construcción de máquinas y aparatos, en la industria de impresión y de embalajes, en la industria automovilística, en industria electrónica, así como en el área química y farmacéutica.

Con los equipos se puede:

- Controlar y supervisar el proceso con orientación por menús. Se pueden p. ej. Introducir valores de consigna o controlar actuadores efectuando la introducción de valores o tocando teclas de funciones configuradas o botones de comando.
- Representar procesos, máquinas e instalaciones en imágenes completamente gráficas y dinamizadas.
- Visualizar y procesar avisos así como también las variables del proceso p. ej. en campos de salida, barras o indicaciones de estados.
- Intervenir directamente en el desarrollo del proceso a través de la pantalla táctil.

El modelo utilizado en el puesto de laboratorio es el TP170A de la marca Siemens. Con los equipos TP170A, en el desarrollo del proyecto se pueden aceptar gráficos propios, fotos digitales o imágenes escaneadas. Además, p. ej. Los cambios de temperatura se pueden representar gráficamente con barras.



Figura 2.15. Panel de operador TP170A.

Al ser uno de los equipos de gama baja de los productos SIMATIC HMI, las memorias de los mismos son adecuadas para configuraciones pequeñas y medianas.

Las especificaciones técnicas más importantes del panel de operador TP170A son las siguientes:

- Alimentación: 240 mA a 24 V DC. (aprox. 5.76 W).
- Tamaño de la pantalla: 116 X 87 mm (5.7").
- Resolución: 320x240 puntos de imagen.
- Colores representables: 4 Blue mode (monocromo).
- Tipo de Teclas: Táctil (resistivo / analógico).

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

- Procesador: 32 Bit *RISC* / 66 MHz, *Windows CE*.
- Tipo de Memoria: 256 Kbyte Flash.
- Interfaces: RS232, RS422, RS485.
- Objetos Dinámicos: entrada, salida, campos de entrada-salida, campos de fecha y hora, visualizadores de estado para botones y señales de lámpara, barras, figuras de salida, etc.
- Comunicación con equipos Simatics: Simatic S5 (por medio del cable convertidor de AS511), Simatic S7 – 200, S7 – 300/400, Simatic 505 (NTP).
- Acoplamiento a controles de otros fabricantes: Alley Bradley (PLC – 5, SLC 500): DF1 y DH485; LG (Lucky Goldstar): GLOFA GM; Modicon: Modbus; Mitsubishi FX/Mitsubishi Protocol 4; GE Fanuc; Omron Hostlink/Multilink; Telemacanique TSX: Uni – Telway.

En la siguiente imagen se observa la disposición de las conexiones de este dispositivo:

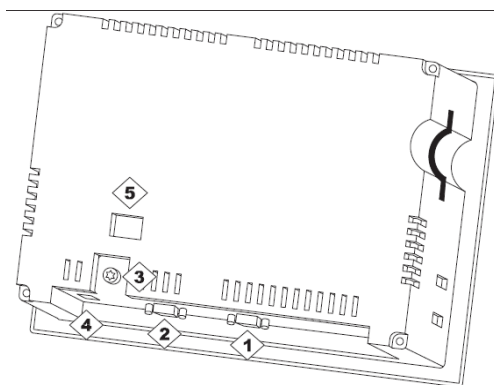


Figura 2.16. Vista inferior panel de operador TP170A.

1. Interfaz IF1A. RS232. Funcionalidad: PC, PG (Programación)
2. Interfaz IF1B. RS485 (libre de potencial)/RS422. Funcionalidad: Control, PC, PG.
3. Conexión a masa.
4. Alimentación de corriente.
5. Interruptor DIL. Para configurar la interfaz IF1B.

Las posiciones del interruptor DIL en el TP170A son las indicadas en la siguiente tabla:











Comunicación	Posición del interruptor	Significado
 PPI MPI/PROFIBUS DP RS 485  PPI MPI/PROFIBUS DP RS 485	 ON	RTS en Pin 4, con autómatas
	 ON	RTS en Pin 9, como unidad de programación
	 ON	Sin RTS en conector
 RS 422  RS 422	 ON	La interface RS 422 está activa
Interruptor  ON	 ON	Estado de fábrica

Tabla 2.1. Interruptor DIL. Configuración interfaz IF1B TP170A.

• Variador de frecuencia.

El variador de frecuencia MM420 es un dispositivo capaz de controlar diferentes parámetros de un motor. En este puesto lo que se quiere controlar es la velocidad del motor.

Con el MM420 se pueden configurar diferentes parámetros relativos al motor. Es capaz de reconocer automáticamente el motor que está conectado a él. Dispone de tres entradas digitales, una analógica, una salida analógica y otra por relé. Permite el control de diferentes tipos de motores: monofásicos, trifásicos, asíncronos, síncronos. Con unos rangos de tensión nominal desde 200 a 400 voltios y de potencia desde 0,12KW a 11KW.

El MM420 realiza una regulación Tensión-Frecuencia, recibe por la entrada analógica un valor de tensión (0-10 voltios) y dependiendo de la regulación configurada proporciona una frecuencia al motor. Los distintos tipos de regulación que puede realizar son: FCC (regulación flujo-corriente), multipunto (U/f parametrizable) y característica lineal U/f.

Gracias a la gran cantidad de parámetros que puede controlar se puede realizar desde una aplicación básica hasta una aplicación avanzada.

En el apartado de comunicaciones MM420 posee diferentes posibilidades. En este caso la comunicación con el PLC se realiza entre una salida analógica del PLC y la entrada analógica del Micromaster. También cuenta con un puerto RS485 para la comunicación con el PC. Sin embargo existe un kit de conexión que permite la comunicación vía PROFIBUS. En este caso la comunicación se realiza por el puerto RS485 con una tarjeta PCI en el ordenador que proporciona dos puertos 485.

La programación se puede realizar a través del BOP (Panel Operador Básico), AOP (Panel Operador Avanzado) o mediante el PC y el software STARTER vía RS485. En este caso, el puesto cuenta con los dispositivos de comunicación BOP y el STARTER (PC).



Figura 2.17. Micromaster 420

2.2.3 SELECTORES Y PULSADORES.

En la puerta del armario se han instalado dos selectores, cuatro pulsadores y un pulsador de emergencia. Estos dispositivos son utilizados para controlar el proceso de mecanizado junto con el panel táctil.

- **Selector principal.**

Selector negro de dos posiciones con enclavamiento. Es usado para arrancar y parar el puesto de mecanizado. Este selector esta cableado a la entrada E124.1 del autómatas programable.



Figura 2.18. Selector principal.

- **Selector automático-manual.**

Este selector es igual al principal. Se utiliza para seleccionar entre los dos posibles ciclos de mecanizado (automático y manual). Se corresponde con la entrada digital E124.4 del PLC.



Figura 2.19. Selector automático-manual.

- **Pulsadores.**

Se han instalado cuatro pulsadores luminosos de diferentes colores. Estos pulsadores tienen un contacto normalmente abierto y cuentan con un led de 24 voltios cada uno. En la siguiente imagen se muestra el modelo tipo de los pulsadores, variando únicamente en el color de cada uno de ellos.



Figura 2.20. Pulsadores de servicio, marcha, rearme y reset.

- **Servicio.** Pulsador de color blanco utilizado para poner en modo operativo la maquina. Asociado a la entrada E124.0 del PLC.
 - **Marcha.** Pulsador verde, este pulsador se usa para que dé comienzo el ciclo de mecanizado, conectado a la entrada E124.1 del PLC.
 - **Rearme.** Pulsador de color amarillo utilizado para rearmar el puesto tras arrancar la maquina. Este pulsador activa el modulo de seguridad para dotar de tensión las salidas del PLC. Esta conexionado a la entrada E124.2 del autómata programable.
 - **Reset.** Pulsador azul. Este pulsador es el encargado de poner la maquina en condiciones iniciales en el comienzo del mecanizado. Asociado a la entrada E124.3.
- **Pulsador de emergencia.**

En la puerta del armario se ha instalado una seta de emergencia para su activación en caso de algún tipo de incidente. Se ha colocado en la puerta debido a que es el lugar en el que el operario estará situado cuando el puesto este en uso. Este pulsador es con enclavamiento, en el momento que se pulsa el modulo de seguridad se desactiva y suprime la alimentación a las salidas del autómata programable parándose en ese instante el puesto de mecanizado. Este pulsador esta cableado a la entrada E124.6 del autómata programable.



Figura 2.21. Pulsador de emergencia.

CAPÍTULO 3

Configuración del puesto.

3.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo trata sobre la configuración de los elementos principales que forman parte del puesto de laboratorio. En primer lugar se realiza la instalación de los diferentes programas necesarios para la configuración y programación de todos los elementos en el ordenador utilizado para dicho fin.

Los dispositivos que necesitan una configuración son el autómatas programable, el panel táctil y el variador de frecuencia. Cada uno de ellos posee un software específico para su programación desde el PC. Estas herramientas son descritas en el siguiente apartado.

En primer lugar, se describe la configuración de los dispositivos de control y automatización y por último de las comunicaciones entre estos y también las comunicaciones con el PC.

La configuración de cada uno de los elementos se centran principalmente en dos aspectos: el tipo de dispositivo utilizado y la comunicación con el resto de dispositivos.

3.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para la configuración y programación de los distintos dispositivos se han instalado en la Unidad de Programación o PC las siguientes herramientas:

- **Administrador Simatic Step7 v5.4.** Este paquete de software contiene diversas aplicaciones desde las que se realiza la configuración y programación del autómata programable. Las aplicaciones destinadas a la configuración del equipo son **Hardware Config**, **NetPro** y el configurador de **Interface PG-PC**. Con la primera se realiza la configuración del hardware del equipo que forma parte del sistema, incluyendo cada uno de los diferentes módulos que forman parte de él (Fuente de alimentación, CPU, módulos de E/S,...). Con el segundo se configuran las diferentes redes que forman el sistema (MPI, Profibus) indicando las velocidades de transmisión y la dirección física de los equipos. Por último, desde el interface PG-PC se configura la comunicación entre el PC y la CPU del autómata, a través del adaptador de red apropiado.

Por otro lado, el administrador posee otras aplicaciones enfocadas a la programación del equipo que son las siguientes: **Programador de bloques S7**, destinada para realizar la programación de los distintos bloques del equipo; **PLCSim**, simulador para comprobar el funcionamiento del autómata antes de transferir el proyecto a la CPU del mismo; y otras aplicaciones destinadas a una programación más compleja.

- **WinCC Flexible.** Con este software se realiza la configuración y programación del panel táctil. Se realiza la configuración del tipo de panel y sus comunicaciones. A través de las diferentes pantallas se va programando la aplicación que se quiere implementar asignando funciones a los diferentes elementos y a las entradas y salidas del sistema.
- **Starter.** Desde esta aplicación se realiza la configuración y programación del variador de frecuencia Micromaster. Desde su pantalla principal se realiza la configuración del dispositivo centrándose en el modelo usado en el sistema y sus comunicaciones con el resto del sistema.

3.3 CONFIGURACIÓN DEL PUESTO

3.3.1 CONFIGURACIÓN DEL AUTÓMATA S7

En este apartado se detallada la configuración del PLC, previa a la programación del mismo. La configuración realizada en el PLC se centra en dos aspectos fundamentales: tipo de PLC y comunicaciones con el resto de equipos del sistema. En el primer caso una vez creado un nuevo proyecto mediante el Administrador Simatic, a través del asistente de proyectos se Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

escoge de entre la lista de CPU's la utilizada en el puesto de laboratorio. En este caso el modelo de CPU es **314C-2DP**.

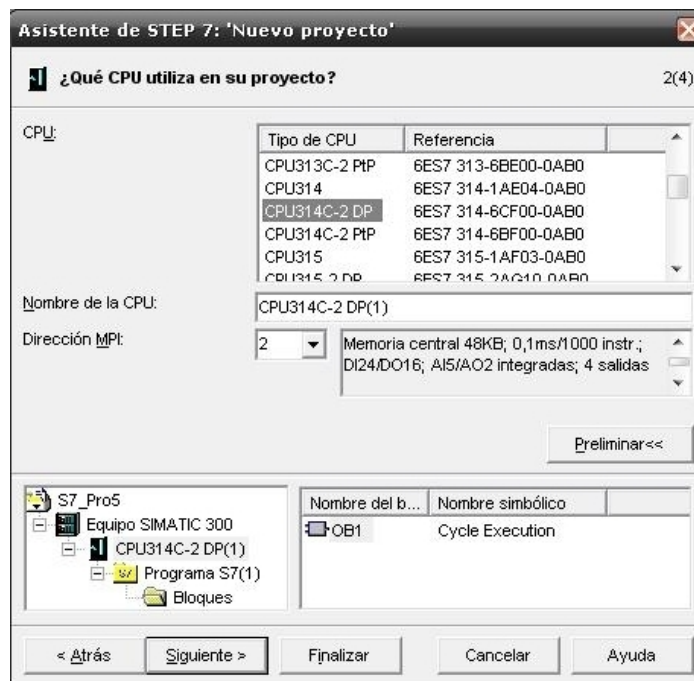


Figura 3.1. Asistente de proyectos del Administrador SIMATIC.

Una vez finalizadas todas las pantallas del asistente de proyecto, ya esta creado el mismo. Ahora se procede a configurar diferentes aspectos del PLC. Para ello se ejecuta el **HW Config**, haciendo doble clic sobre el icono **Hardware** dentro de la carpeta **SIMATIC 300**.

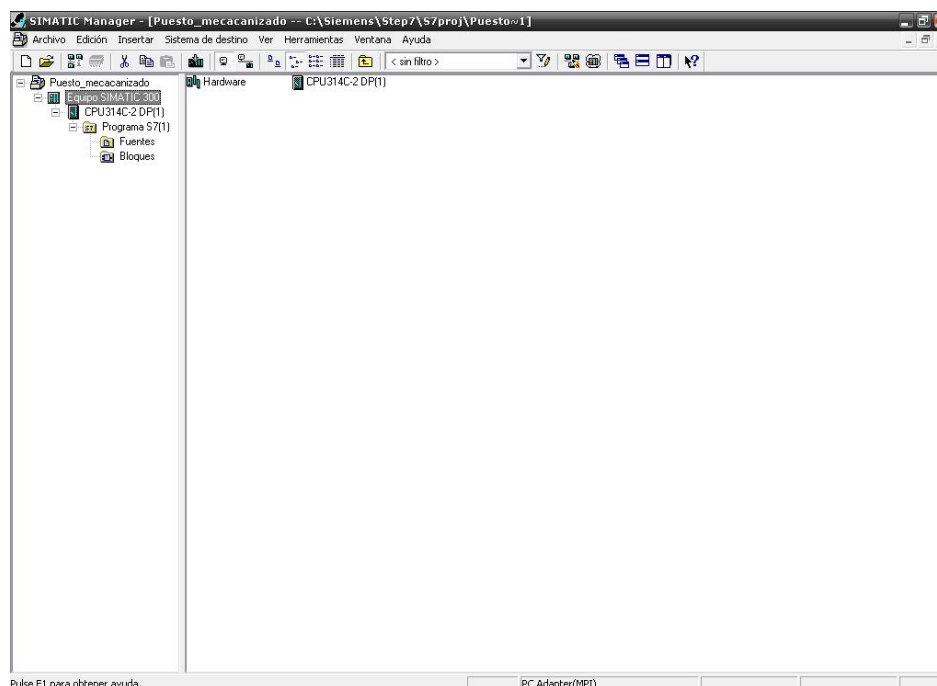


Figura 3.2. Configuración de Hardware PLC.

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

Desde esta aplicación se realiza la configuración del PLC. En la ventana principal aparece la CPU del autómatas con los módulos asignados. En la ventana de la izquierda están todos los posibles equipos que se pueden añadir. Por último, en la ventana inferior se detallan los módulos de los que consta el autómatas. Al ser creado el proyecto mediante el asistente por defecto se inserta el modelo básico de CPU. Fijándonos en nuestra CPU se observa que el modelo del puesto de laboratorio no coincide con el insertado por defecto por lo que se sustituye por la oportuna (**6ES7 314-6CG03-0AB0**).

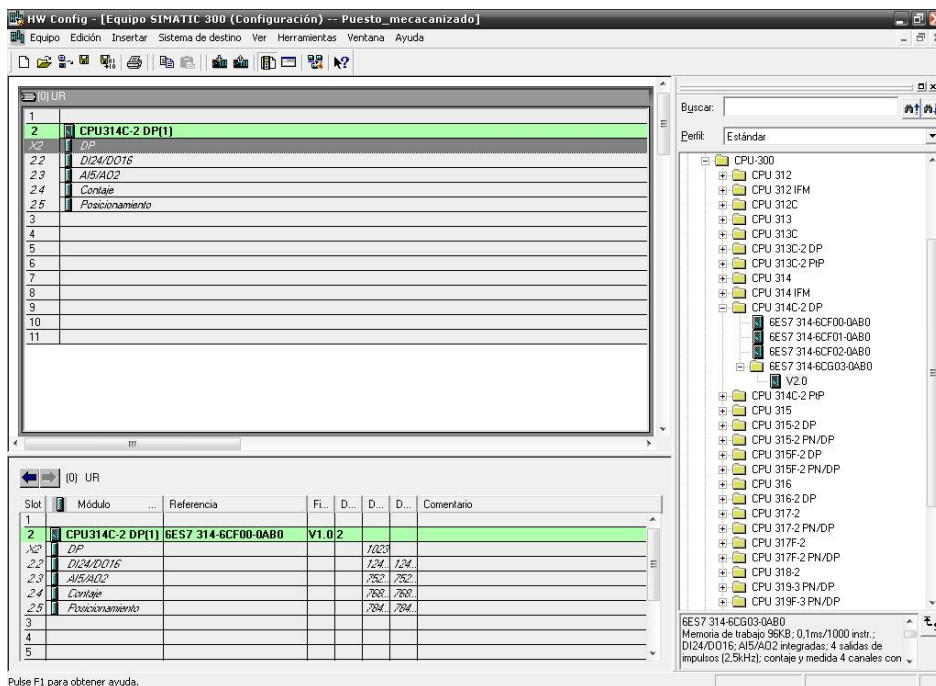


Figura 3.3. Configuración Hardware PLC: CPU.

A continuación, se añade la fuente de alimentación del autómatas programable. En este caso el modelo **PS307 5A**. El slot asignado a la fuente de alimentación es el 1, siendo el segundo para la CPU.

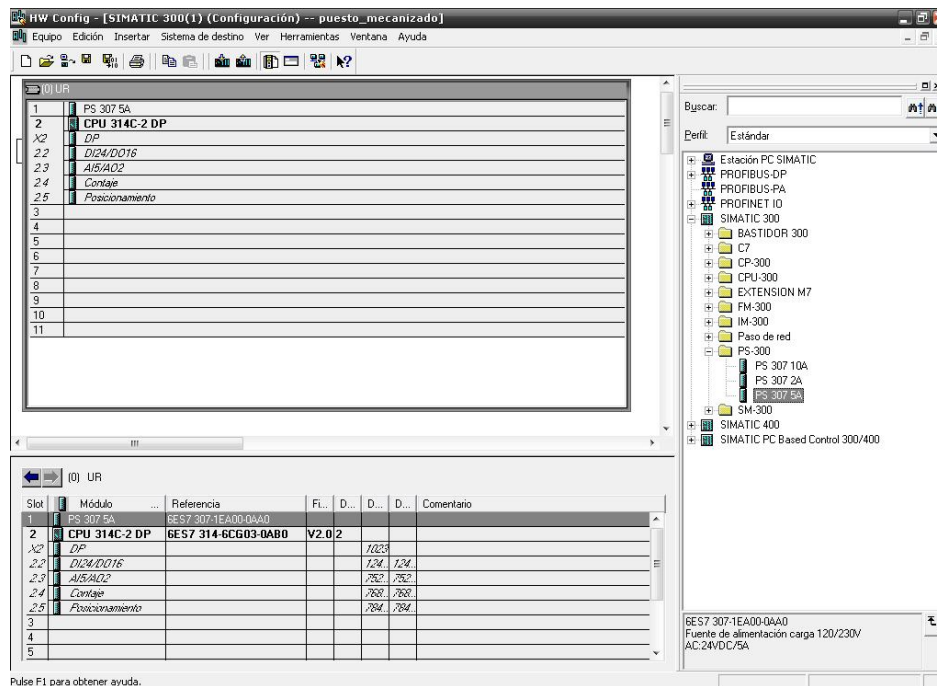


Figura 3.4. Configuración Hardware PLC: Fuente de Alimentación.

El siguiente paso es configurar el modo de funcionamiento del PLC. Para ello se accede a las propiedades del objeto pulsando con el botón derecho sobre el slot denominado DP. En la ventana Modo de operación se selecciona Maestro DP y se pulsa en aceptar.

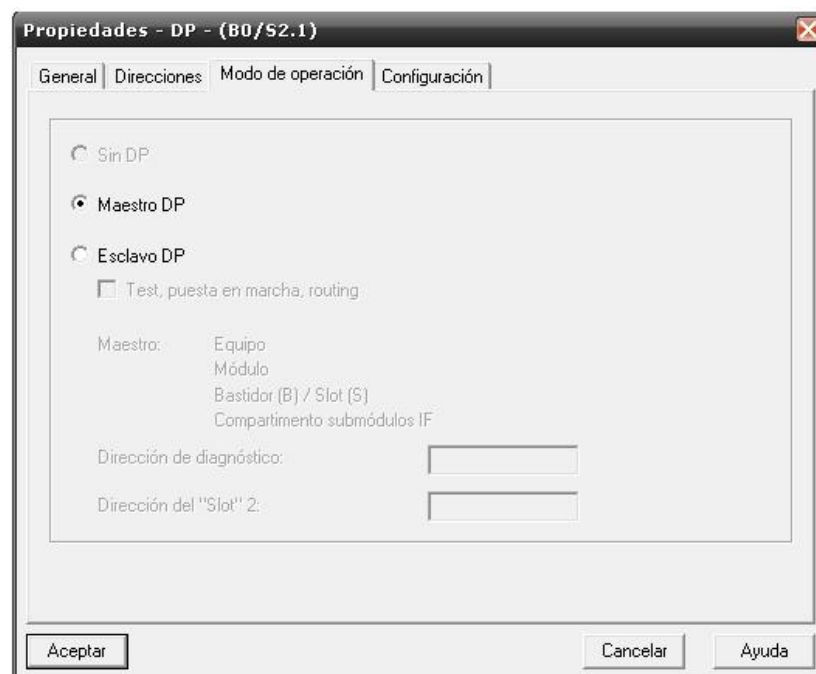


Figura 3.5. Configuración de Hardware PLC: Modo de operación.

A continuación, se configuran las entradas y salidas digitales de la CPU. Accediendo a las propiedades del objeto DI24/DO16. En la pestaña

direcciones se asignan la dirección de comienzo 124 tanto para las entradas como para las salidas. Se pulsa aceptar para confirmar la configuración.

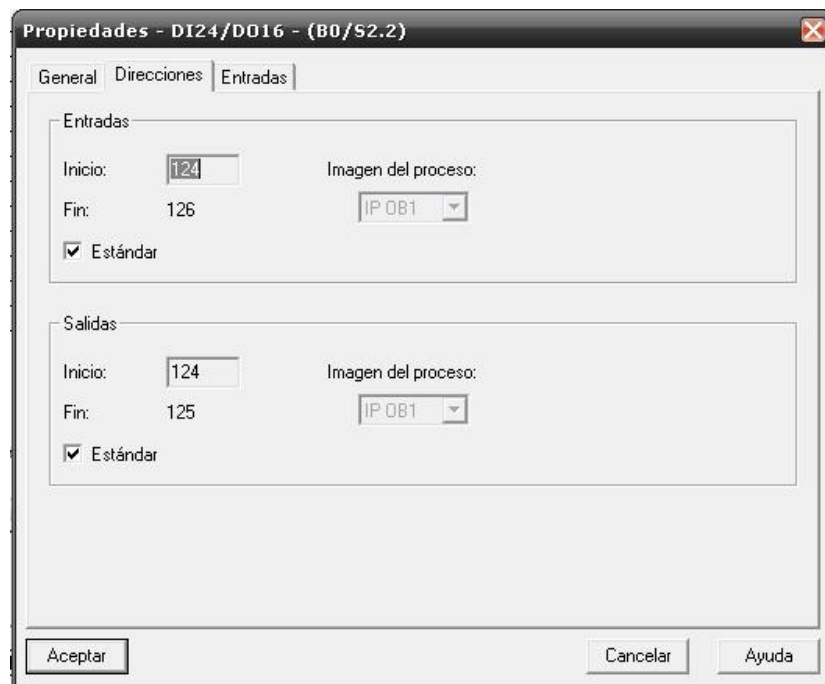


Figura 3.6. Configuración de Hardware PLC: Entradas y salidas.

Para configurar las señales analógicas se accede desde el slot AI5/AO2. En este caso se asigna la dirección 752, al igual que con las E/S digitales. También se configura el rango de tensión de las salidas ajustándolo a 0-10 voltios desde la pestaña Salidas.



Figura 3.7. Configuración de Hardware PLC: Rango de tensión salida analógica.

Por último, se accede a las propiedades de la CPU. En este caso hay un número mayor de opciones, pero en nuestro caso solo se modifica las referentes a las marcas de ciclo, necesarias para generar señales intermitentes en la programación del sistema. Para ello en la pestaña Ciclo/Marca de ciclo se habilitan las marcas de ciclo en el byte de marcas 100.

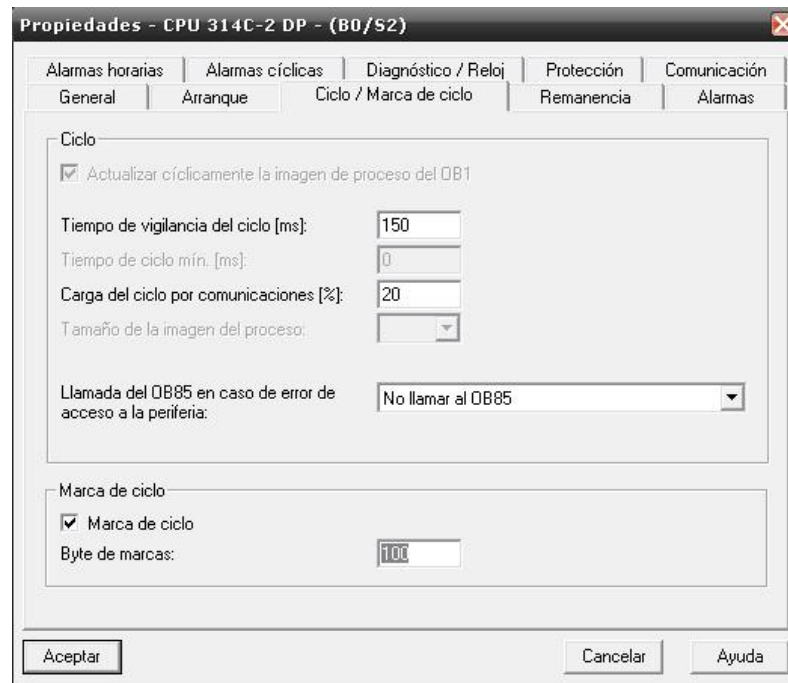


Figura 3.8. Configuración de Hardware PLC: Byte de marcas.

3.3.2 CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.

En este apartado se detalla la configuración del variador de frecuencia, previa a su configuración. La programación se realiza con el programa STARTER. La configuración de este dispositivo se centra en el tipo de dispositivo utilizado.

Cuando se inicia el programa aparece el asistente del mismo. Desde este asistente se ha creado un nuevo proyecto introduciendo las especificaciones del dispositivo.

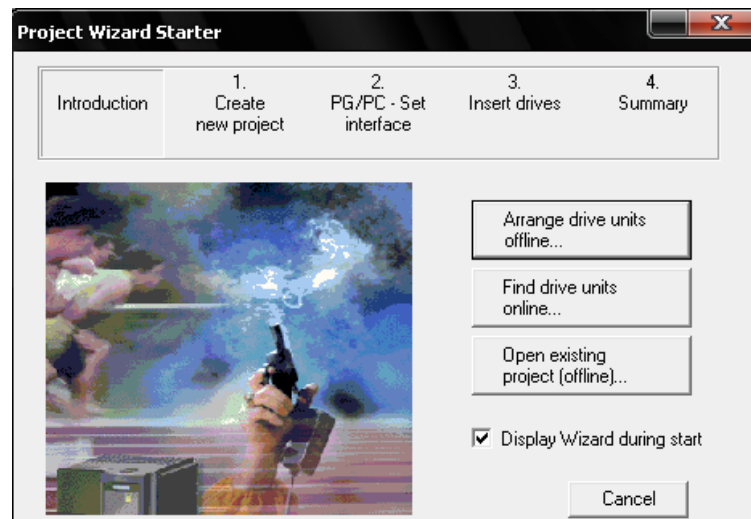


Figura 3.9. Asistente de proyectos STARTER.

En este primer paso se selecciona la opción “Arrange drive units offline” para crear un nuevo proyecto y configurarlo. En la siguiente pantalla se introduce el nombre del proyecto, autor y comentarios si se desea. Cuando se introducen estos campos se pulsa continuar para pasar a la siguiente pantalla.

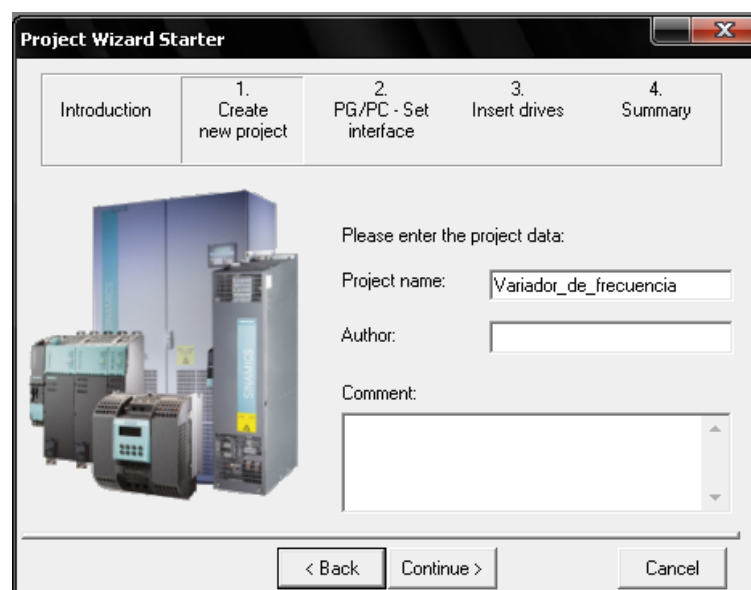


Figura 3.10. Asistente de proyectos Starter: Nombre de proyecto.

A continuación, se configura la comunicación entre el variador y el ordenador. Este paso no es importante, ya que posteriormente se configurará esta comunicación desde el STARTER. Por defecto, se ha optado por PC Adapter (MPI). Para cambiarlo se pulsa en Change and Test y se elige la oportuna.

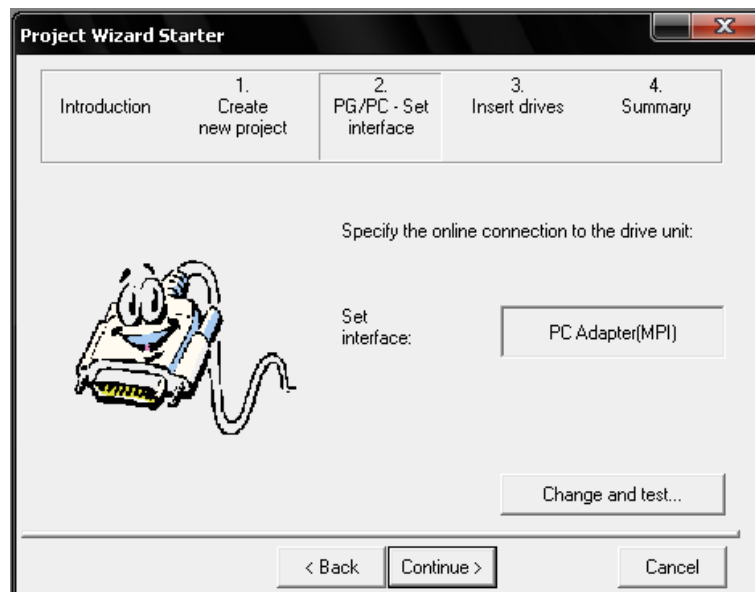


Figura 3.11. Configuración Variador de frecuencia. Comunicación.

En esta pantalla se configura el tipo de dispositivo y se inserta en el proyecto. En este caso el dispositivo es Micromaster, tipo 420 versión 1.2x y el bus 0. Se ha nombrado como MM420. Cuando están introducidos los campos se pulsa en insertar y por último a continuar para pasar a la última pantalla del asistente.



Figura 3.12. Configuración Variador de Frecuencia: Tipo de Micromaster.

Esta última pantalla es un resumen del proyecto en el que se muestran las especificaciones introducidas. Una vez comprobado que todo está correcto se pulsa en complete para crear el proyecto.

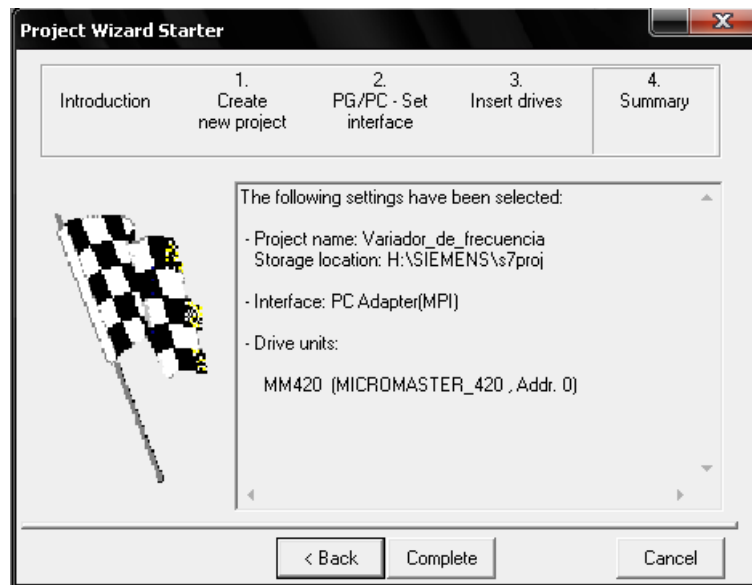


Figura 3.13. Configuración Variador de frecuencia: Resumen.

Ahora que ya esta creado el proyecto aparece la interfaz del programa STARTER desde la cual se realiza la configuración y programación del Variador de frecuencia. En la derecha se observa un árbol desde el cual se accede a las diferentes pantallas del programa.

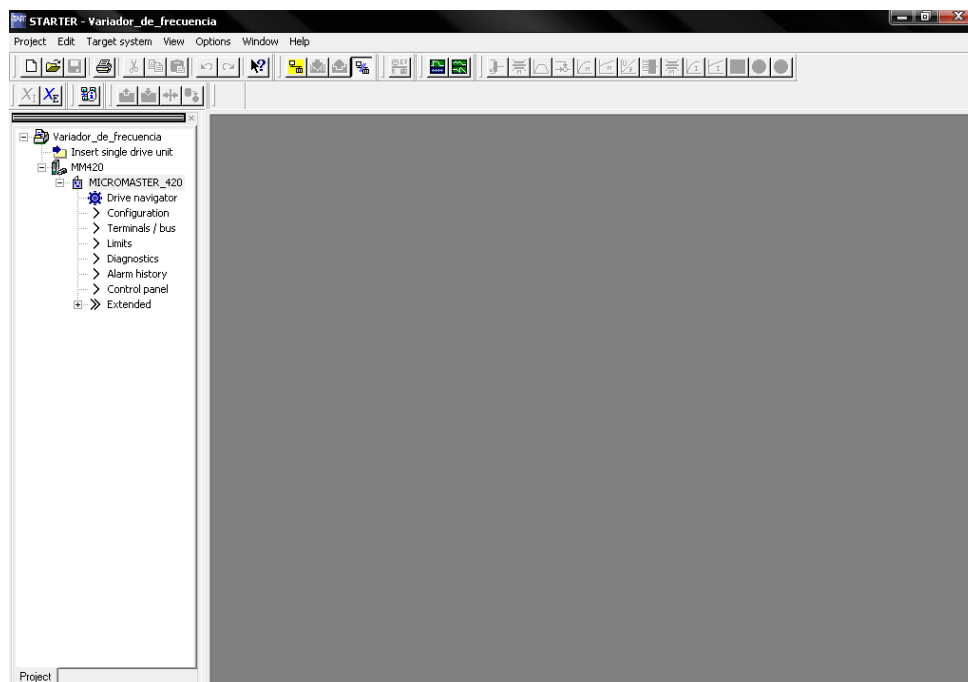


Figura 3.14. Árbol de ventanas STARTER.

El primer paso es introducir los parámetros del motor utilizado. Para ello se pulsa sobre configuration y aparece un asistente para introducir los valores. En esta primera pantalla se introduce la región de uso y frecuencia de servicio. En este caso Europa y 50 Hz:

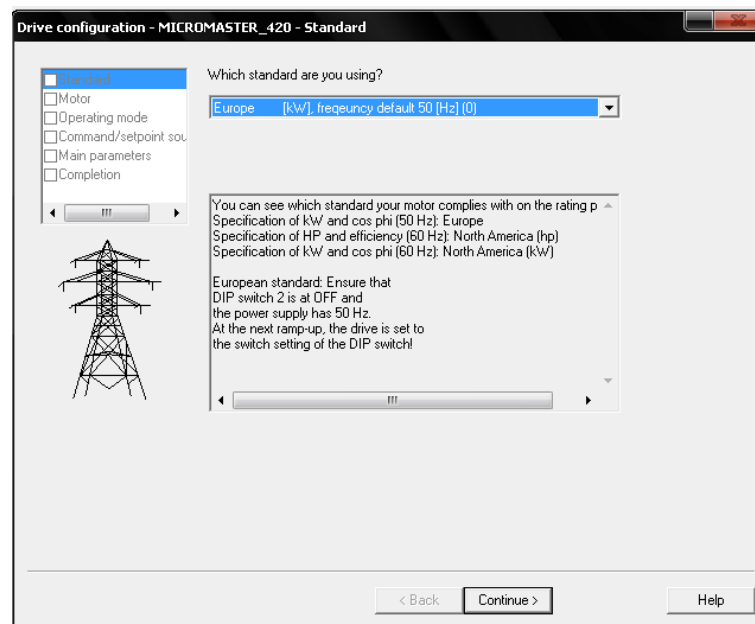


Figura 3.15. Configuración de motor: Región de uso.

En la siguiente pantalla se introducen el resto de especificaciones del motor. Estas especificaciones están extraídas de la placa colocada en el motor. En la siguiente imagen se observan estos datos:

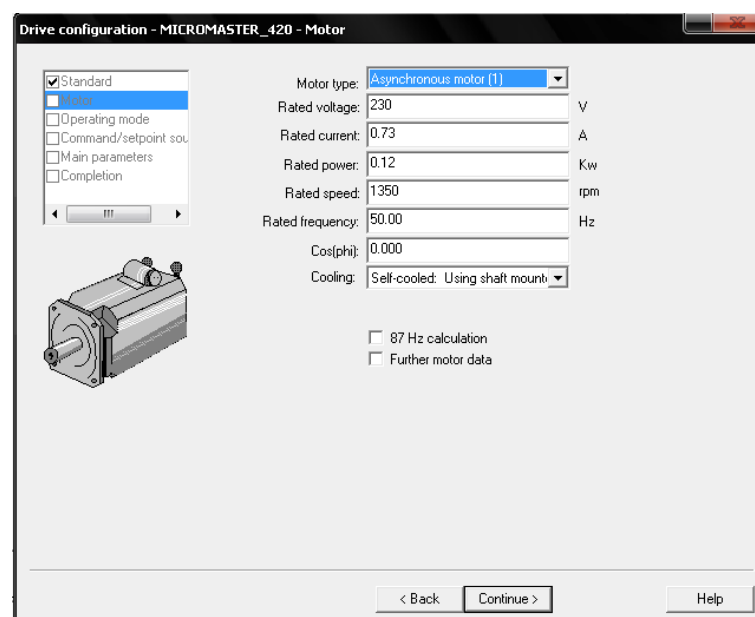


Figura 3.16. Configuración de motor: Características técnicas del motor.

En la siguiente pantalla únicamente se configura el tipo de funcionamiento, optando entre lineal o siguiendo algún tipo de rampa. Dependiendo del valor analógico que proporciona el PLC el variador suministrará al motor la velocidad correspondiente a la rampa escogida. En este caso se ha optado por una función lineal.

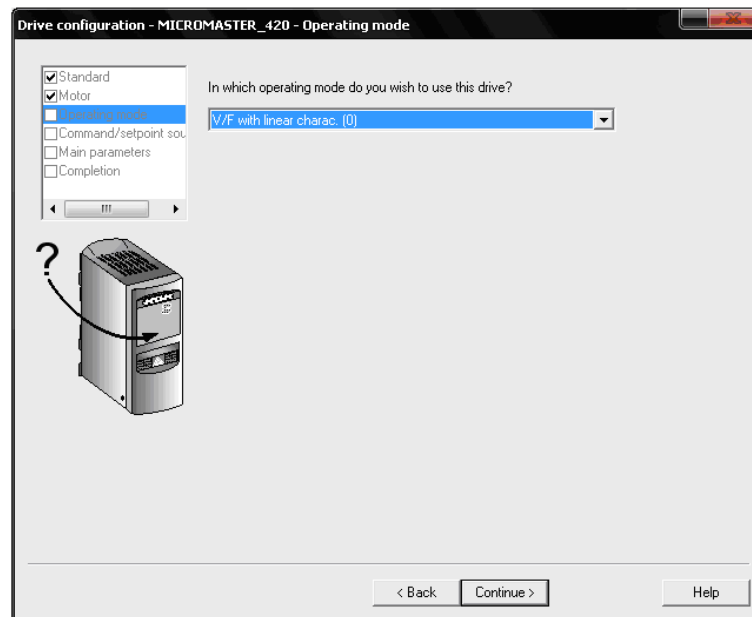


Figura 3.17. Configuración de motor: Curva característica de funcionamiento.

Desde esta pantalla se configuran las fuentes de control y de velocidad. En el primer caso se ha optado por un control por los terminales del variador de frecuencia que corresponden con las entradas digitales del mismo. Estas señales están cableadas con las salidas digitales RK2 y RK3 (A125.6 y 125.7 respectivamente). De esta forma el variador de frecuencia está controlado por el variador de frecuencia. Respecto al control de velocidad se ha optado por Analog setpoint, de esta forma la velocidad de funcionamiento se corresponde con la salida analógica del PLC V_MOT (PAW752) siguiendo la función lineal anteriormente configurada.

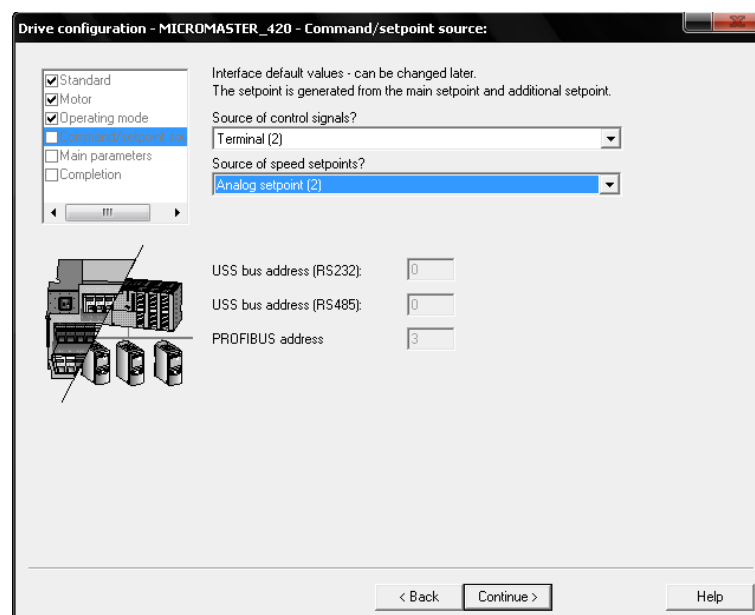


Figura 3.18. Configuración de motor: Fuentes de control.

En la siguiente pantalla se introducen parámetros referentes la frecuencia de funcionamiento del motor. En este caso, se configura los tiempos de subida y bajada del motor, por defecto se han puesto 10 segundos en ambas. En el capítulo de programación se cambiaran estos valores para que se ajuste a la aplicación implementada.

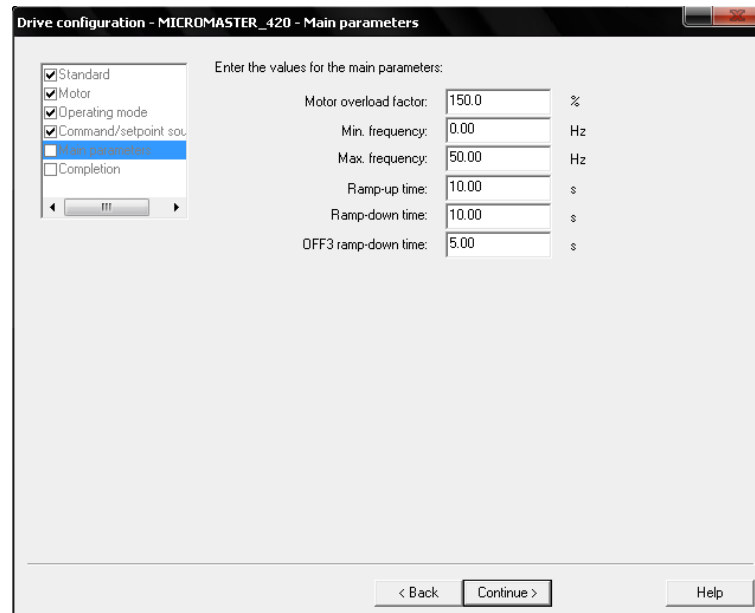


Figura 3.19. Configuración de motor. Parámetros de funcionamiento.

En esta última pantalla del asistente aparece un resumen con los valores de configuración del motor introducidos.

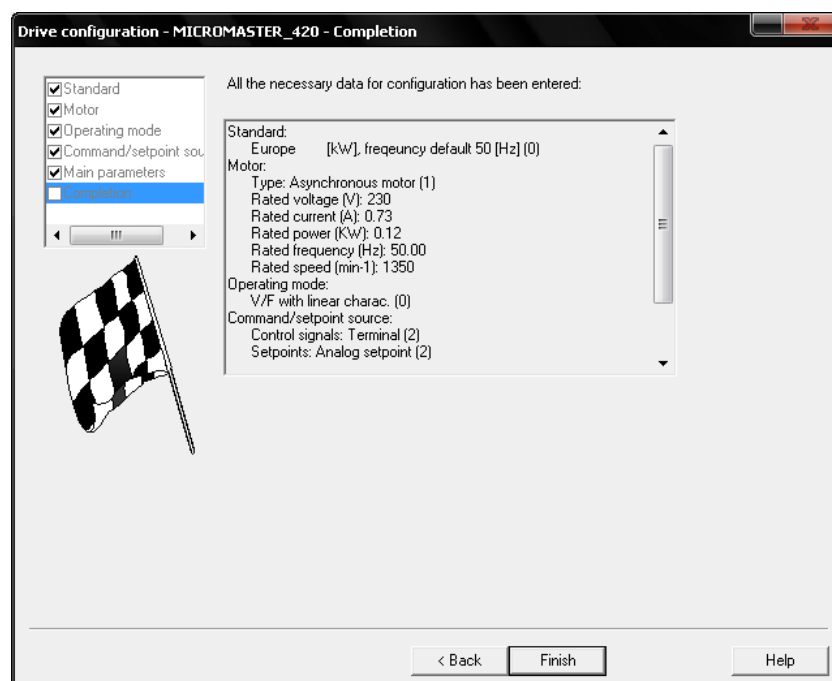


Figura 3.20. Configuración de motor: Resumen.

Con este último paso, finaliza la configuración del variador de frecuencia MM420. Desde las diferentes pantallas y pestañas del árbol se puede acceder y modificar los diferentes parámetros introducidos anteriormente.

En siguientes apartados se detallan la configuración de comunicaciones y la programación de este dispositivo para que se ajuste a las especificaciones de funcionamiento de la aplicación diseñada.

3.3.3 CONFIGURACIÓN DEL PANEL TÁCTIL.

En este apartado se detalla la configuración necesaria del panel táctil para el correcto funcionamiento del mismo. Al igual que en los anteriores dispositivos la configuración de este dispositivo se centra en la creación de un nuevo proyecto desde el software apropiado (WinCC Flexible) e introducir los parámetros del dispositivo.

Cuando se inicia el WinCC, se abre el asistente que ayuda paso a paso a configurar el proyecto. Se ha seleccionado Crear proyecto nuevo con el asistente.

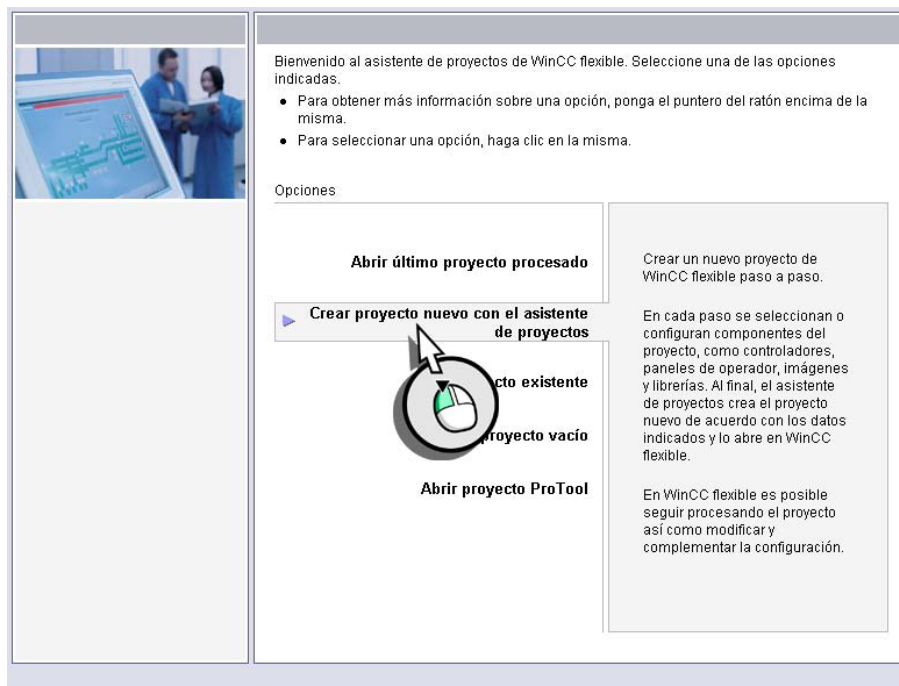


Figura 3.21. Asistente de configuración de ajustes del nuevo proyecto.

A continuación, se selecciona el tipo de máquina. En este caso máquina pequeña ya que solo se utiliza un panel de operador y un autómatas programable.

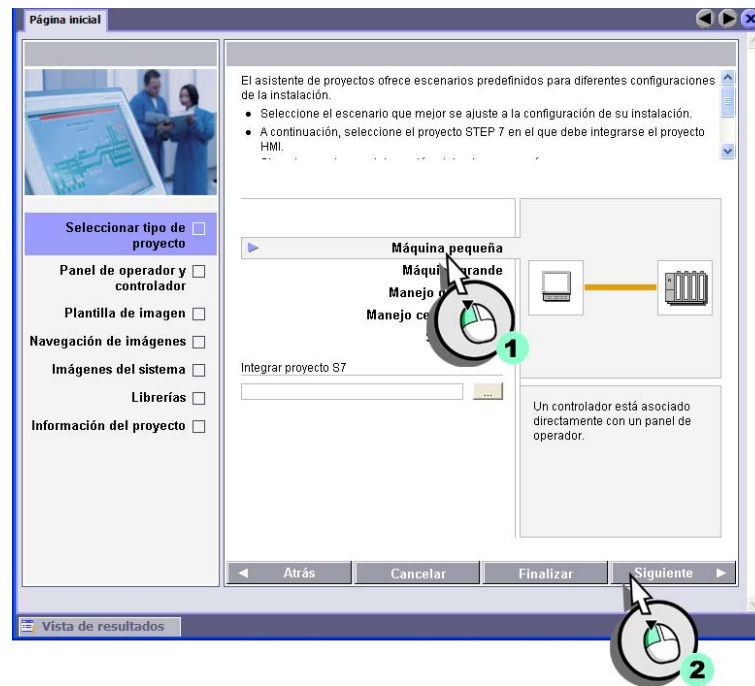


Figura 3.22. Elección del tipo de proyecto según los distintos perfiles de instalación.

En la siguiente pantalla se selecciona el tipo de panel, en este caso TP 170A. La versión del panel, la comunicación entre este dispositivo y el autómata programable, mediante el protocolo MPI y por último, el tipo de autómata utilizado en el sistema (S7 300/400).

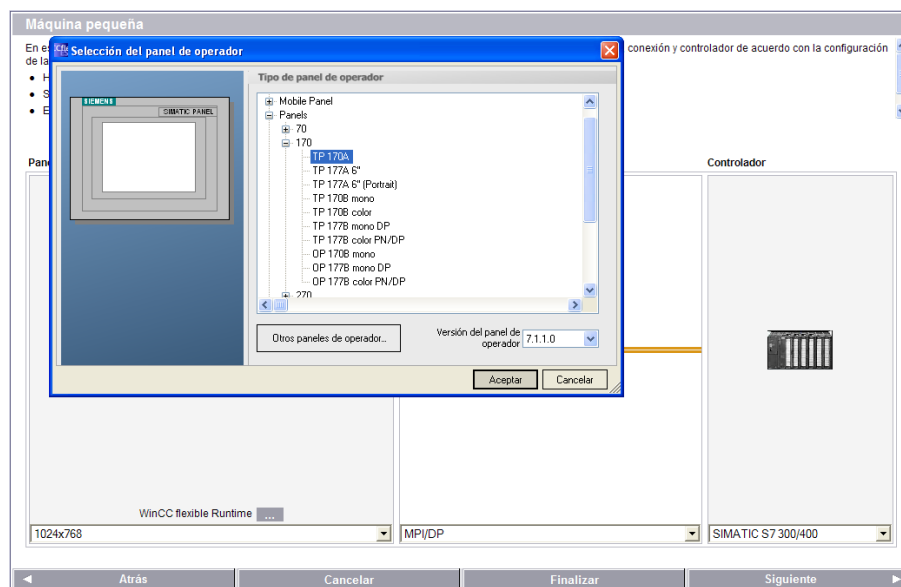


Figura 3.23. Selección de panel de operador y del autómata.

Se hace clic en siguiente hasta la página de información del proyecto, aceptando los ajustes predeterminados de plantilla, navegación, imágenes del sistema y librerías. Todos estos aspectos hacen referencia al capítulo de automatización que se encuentra más adelante. En esta última pantalla se

introduce la información necesaria del proyecto y por último se pulsa en finalizar.

Figura 3.24. Pagina de información del proyecto.

Con estos pasos concluye la configuración del panel de operador. En el siguiente apartado se describe la configuración de las comunicaciones entre todos los dispositivos y estos con el PC.

3.3.4 CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIONES.

En este apartado se detallan todas las comunicaciones existentes en el sistema. Los dispositivos que están conectados entre sí son el autómatas Programable, el Panel táctil, el Variador de Frecuencia y el ordenador del puesto. Existen dos tipos de comunicaciones: programación y funcionamiento.

- **Comunicaciones de programación.** Estas comunicaciones son las utilizadas para la programación de los diferentes dispositivos de automatización desde el PC. Que son las siguientes:
 - **PC-PLC.** La comunicación del PLC con el ordenador se realiza mediante el PC-Adapter. La función de este dispositivo es conectar un PC con el puerto MPI/DP de un sistema S7 a través de un puerto USB.



Figura 3.25. Esquema de comunicaciones PC-PLC.

Para configurar esta comunicación se puede acceder desde la carpeta Simatic-Step7 del menú inicio, abriendo Ajustar Interface PG-PC o desde el administrador Simatic en el menú herramientas pulsando también en Interface PG-PC.

De la lista que aparece seleccionar la conexión PC Adapter (MPI) y pulsar en propiedades. En la pestaña MPI se debe poner la dirección 0 y la velocidad de transferencia 19,2 Kbit/s.

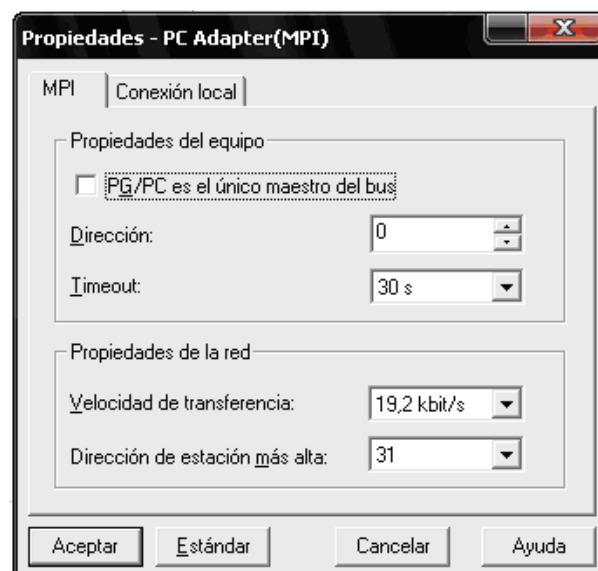


Figura 3.26. Configuración PC-Adapter.

A continuación, se pulsa en la pestaña Conexión local. En la casilla conexión a se selecciona la opción USB y se pulsa en aceptar repetidamente para salir de la configuración de la comunicación.

Para transferir el proyecto al PLC se debe hacer lo siguiente: guardar y compilar el proyecto y comprobar que no existen errores. A continuación se tiene que cargar o transferir el proyecto, para ello se ha de pulsar sobre el icono cargar de la barra de herramientas o desde el menú sistema de destino. Ahora cambiando al modo Online desde el icono correspondiente se puede visualizar el funcionamiento.

- **PC-Panel de Operador.** La comunicación entre ambos dispositivos se limita a la transferencia del proyecto realizado en el PC al panel de operador. Esta comunicación se realiza mediante el protocolo serie RS232, entre el puerto COM del PC y el puerto RS232 del panel de operador. Para transferir el proyecto se realiza desde la opción transferir del menú proyecto del WinCC. En la ventana que aparece se elige el modo serie, optando por el puerto y la velocidad de transferencia adecuadas.

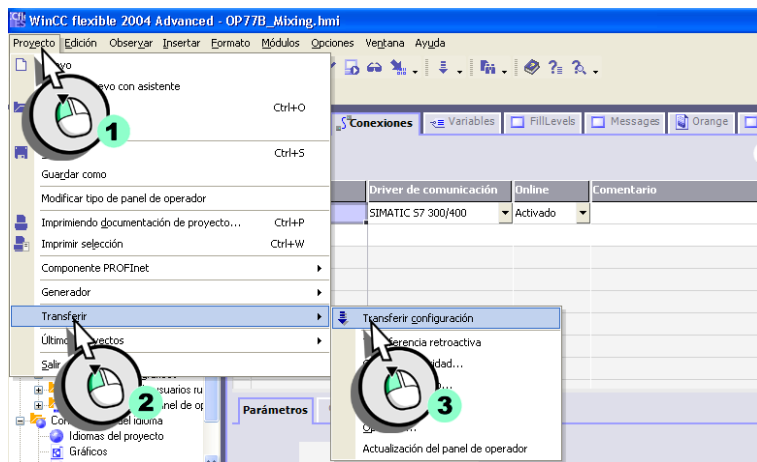


Figura 3.27. Transferencia de proyecto.

- **PC-Variador de frecuencia.** La comunicación entre el PC y el Micromaster se realiza mediante el protocolo 485. Para ello se ha instalado en el PC del puesto una tarjeta que suministra un puerto 485. La conexión al variador de frecuencia se realiza en los Pines 14 y 15. Esta configuración se realiza también desde la aplicación Ajustar interface PG/PC. Se debe observar que en la pestaña punto de acceso de la aplicación se haya seleccionado Starter. A continuación de la lista de conexiones se selecciona a la tarjeta instalada. En la ventana de propiedades seleccionar el puerto COM 5 y la velocidad de transferencia 9,6Kbits/s. Por último, comprobar desde el programa Starter que la configuración del proyecto del variador de frecuencia se corresponda. Para ello, desde el árbol de ventanas seleccionar la ventana terminal, y a continuación acceder a la pestaña USS/PROFIBUS. Las opciones son las siguientes: USS vía RS485 y 9600 baudios.

Digital inputs	Digital outputs	Analog inputs	Analog outputs	USS / PROFIBUS	Signal interconnection
Which interface do you want to parameterize? (No (!) selection of the interface between PC and drive here!)					
USS via RS485 (terminals 14 + 15)				PIV length: 127 Words	
USS address, Serial interface COM link: 0				PZD length: 2 Words	
USS baudrate, Serial interface COM link: 9600 baud (6)				Transmitted process data	
USS telegram off time, Serial interface COM: 0				WORD 0	r52, CO/BO: Act. status word 1
				WORD 1	r21, CO: Act. frequency
				WORD 2	0
				WORD 3	r53, CO/BO: Act. status word 2
<p>Caution: If you change the node address or baud rate please take note of the following scenarios:</p> <p>Change node address: After changing the node address, the connection to the drive is lost. Then modify the node address in the properties dialog of the drive unit or in the hardware configuration and reconnect the project with the target system.</p> <p>Change baud rate: RS232: The change will only become effective at the next connection. RS485: The change is immediately effective. Disconnect the project from the target system, modify the baud rate under "Options -> Set PC-PG interface ..." and then connect the project to the target system.</p>					

Figura 3.28. Configuración comunicación PC-Micromaster.

Para transferir el proyecto del PC al dispositivo, primero hay que guardarlo y a continuación pulsar el icono cargar en el dispositivo. Cuando el sistema se encuentra en marcha se puede visualizar el funcionamiento del variador de frecuencia. Estando en el modo Online accediendo a la ventana Panel de Control se pueden visualizar diferentes parámetros del dispositivo, tales como, frecuencia del motor, estado de las señales,...

- **Comunicaciones de funcionamiento.** Estas comunicaciones son las utilizadas durante el funcionamiento del sistema una vez que ya está programado y listo para su uso. Las comunicaciones entre dispositivos son las siguientes:

- **Red MPI: PLC-Panel de Operador.** Para la comunicación entre ambos dispositivos se ha implementado una red MPI. Para ello se ha conectado un extremo de la red al puerto MPI del PLC y el otro extremo al puerto MPI del Panel de Operador. Mediante esta comunicación se transfieren entre ambos dispositivos los bloques de datos implementados. Para el correcto funcionamiento de esta comunicación, previamente se han configurado la red MPI en ambos dispositivos.

La configuración de la red se realiza mediante la aplicación NetPro. Se accede desde el icono adecuado del administrador SIMATIC. En la ventana de esta aplicación aparece solo el PLC sin ningún otro equipo ni red. El primer paso, es crear la red MPI, para se abre la carpeta Subredes del árbol de selección de objetos de red y se hace doble clic en MPI.

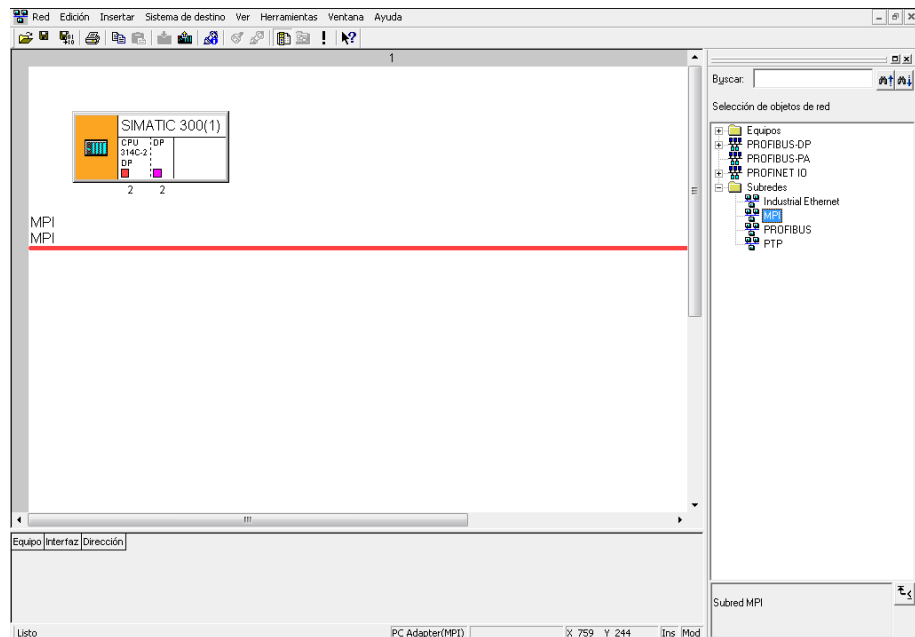


Figura 3.29. Creación de Red MPI.

A continuación, con el botón secundario del ratón sobre la red MPI se acceden a las propiedades del objeto. En esta nueva ventana se pueden modificar las propiedades de la red, accediendo a la pestaña ajustes de red se modifican la dirección más alta (31) y la velocidad de transferencia, en este caso 187,5 Kbits/s.

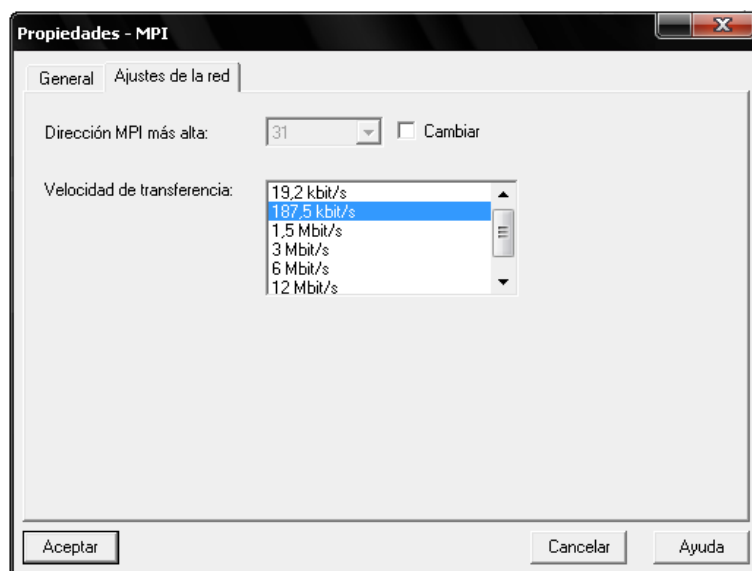


Figura 3.30. Propiedades de la red MPI.

El siguiente paso, es añadir los dispositivos que componen esta red y conectarlos a la red. El autómatas ya está añadido, por lo que solo falta configurarlo y conectarlo a la red. Para ello, haciendo doble clic sobre el recuadro "CPU 314C-2DP" se acceden a las propiedades del mismo. Desde la pestaña

general se modifican las propiedades del interface, pulsando sobre Propiedades.

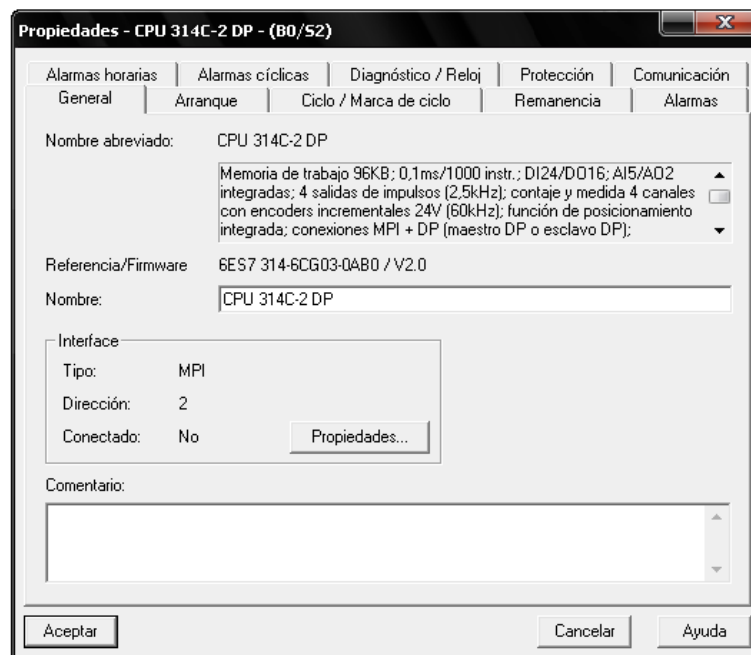


Figura 3.31. Propiedades del autómeta.

Ahora desde la pestaña parámetros se le asigna la dirección 2 de la red y se selecciona la subred MPI. Por último, se pulsa en aceptar y se observa que ahora el autómeta está conectado a la red.

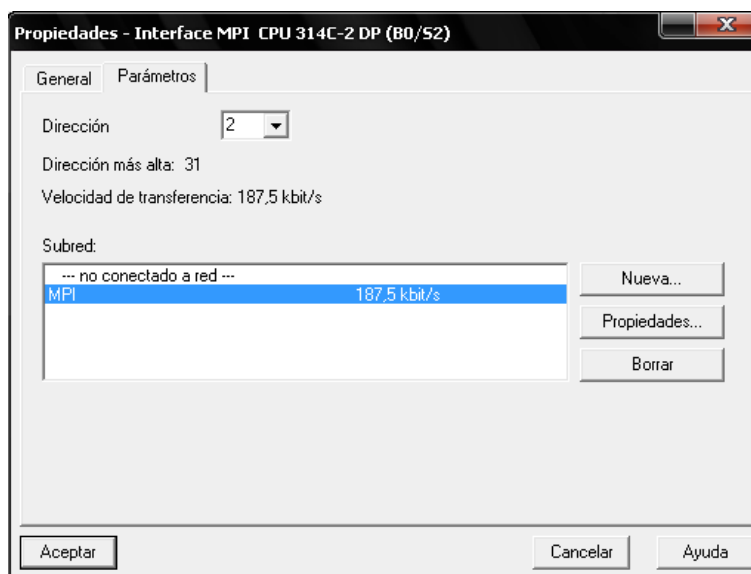


Figura 3.32. Propiedades del interface MPI del autómeta y conexión a la red.

El siguiente paso es insertar el PC de control del puesto, para ello desde la pestaña equipos se hace doble clic sobre PG/PC.

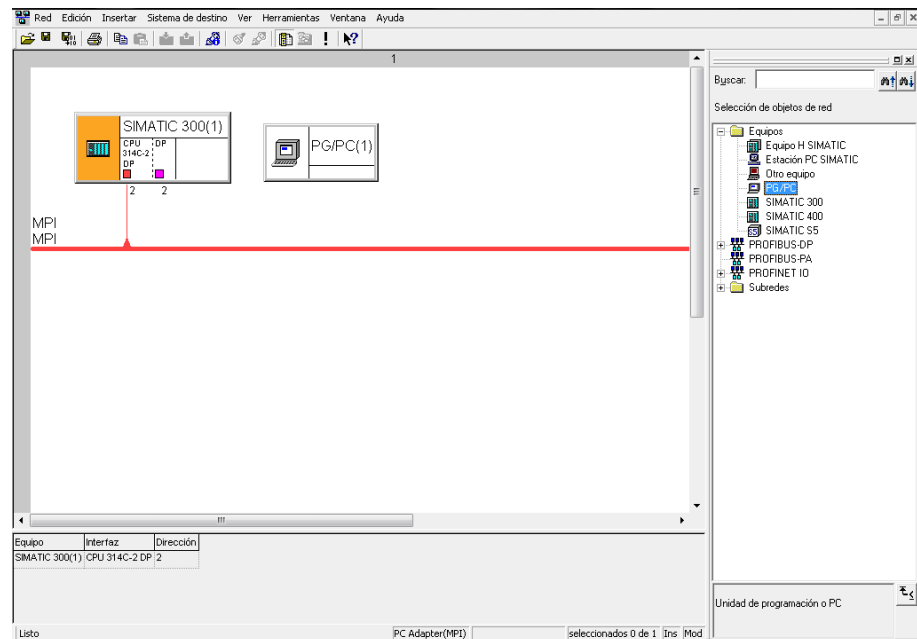


Figura 3.33. Insertar PC en la red MPI.

A continuación se configura este dispositivo para indicar las conexiones que tiene y para conectarlo a la red. Pulsando dos veces sobre el objeto aparece la ventana de propiedades. Desde la ventana interfaces se crea el puerto MPI, pulsando sobre nuevo.

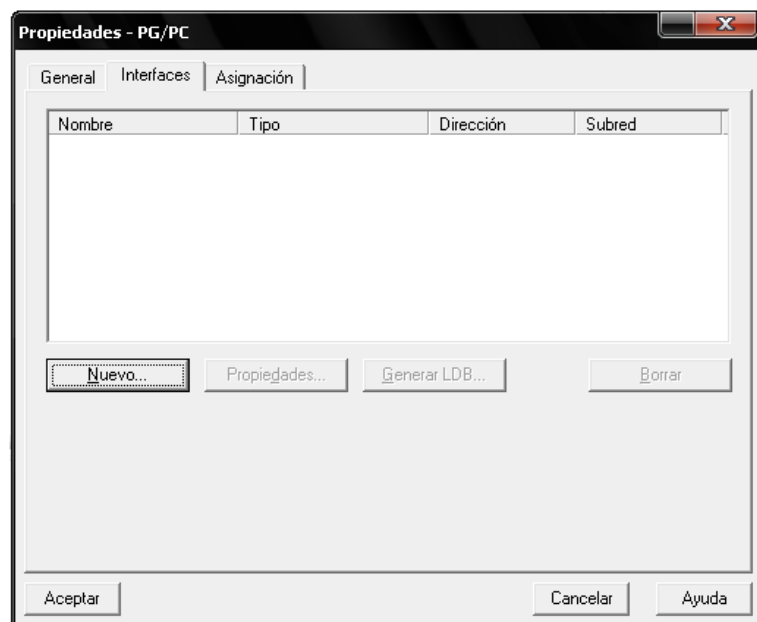


Figura 3.34. Propiedades del PC.

En la lista que aparece se selecciona el tipo MPI y a continuación se configura. Desde la ventana parámetros se le asigna al PC la dirección 0 de la red y se selecciona la red,

pulsando repetidas veces en aceptar se crea la vinculación de este dispositivo con la red.

Para finalizar con la configuración de la red MPI solo falta la conexión con el panel de operador. Se inserta desde la ventana de equipos del árbol de ventanas “Otro equipo”.

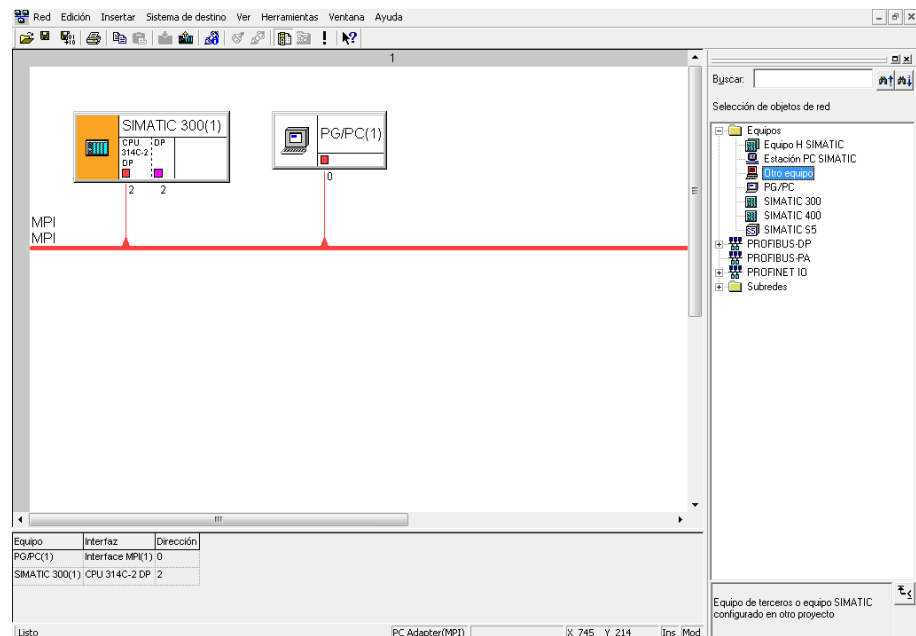


Figura 3.35. Insertar panel de operador.

Una vez insertado el panel de operador se ha de configurar. Pulsando dos veces sobre el objeto se accede a las propiedades del mismo. El primer ajuste es cambiar el nombre a TP170A, desde la pestaña general. A continuación, desde la pestaña interfaces se configura de la misma forma que en el caso del PC. En este caso, se le asigna la dirección 1 y se conecta a la red.

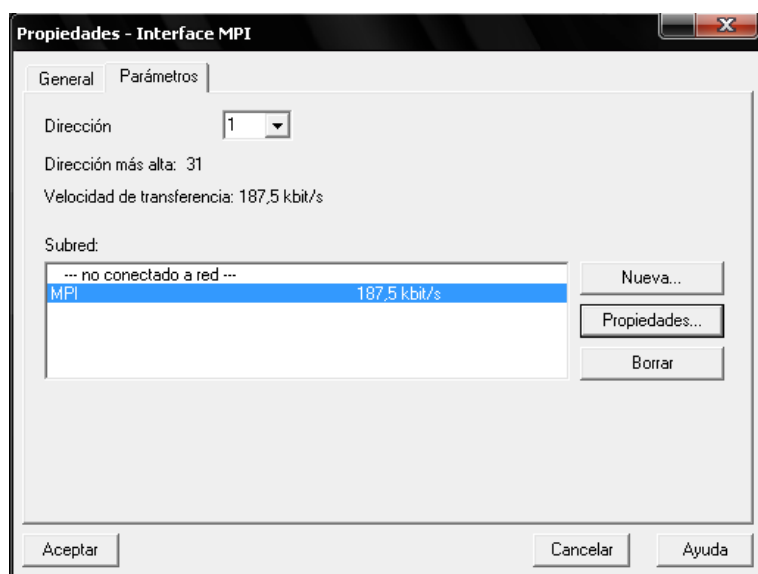


Figura 3.36. Propiedades interface MPI panel de operador.

Con este paso ya están configurados y conectados todos los dispositivos a la red MPI. Solo falta guardar y cerrar la aplicación NetPro.

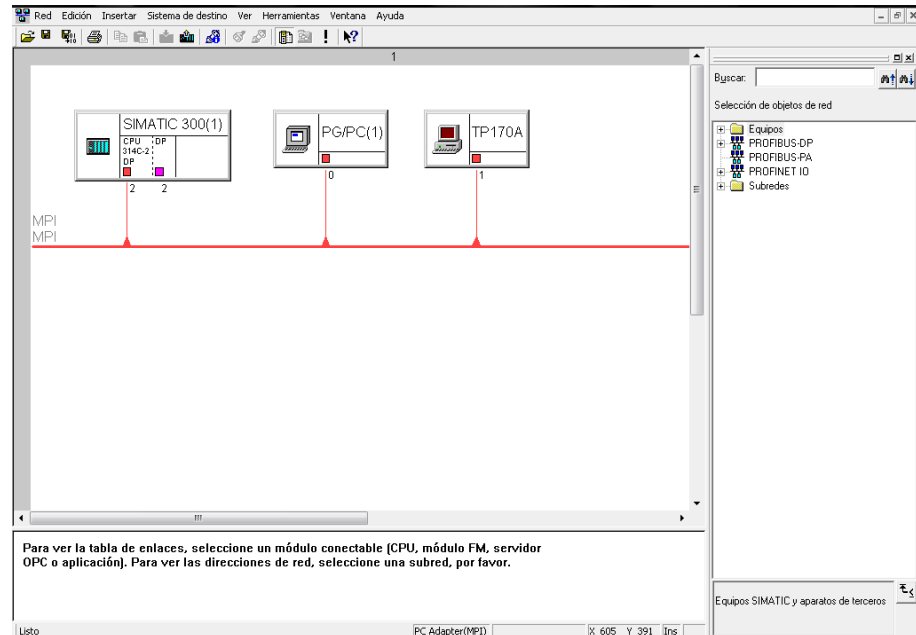


Figura 3.37. Red MPI.

Hasta ahora se ha realizado desde el entorno de software del PLC, es decir, desde el Administrador Simatic. Ahora se debe configurar el panel de operador desde el Wincc. Para acceder a las propiedades de conexiones del dispositivo se realiza desde la opción “Conexiones” de la ventana comunicación del árbol de proyecto. En esta ventana aparecen las conexiones existentes y sus propiedades. En la pestaña parámetros parecen las propiedades de la red y de los dispositivos. El interfaz seleccionado del panel de operador es el IF1 B, con una velocidad de 187,5 Kbits/s y con la dirección 1. En el apartado red se debe configurar de acuerdo con las especificaciones de la red, es decir, perfil MPI, dirección más alta 31 y un solo maestro (PLC). Por último, observar que la dirección del autómatas es también 2 como en apartados anteriores.

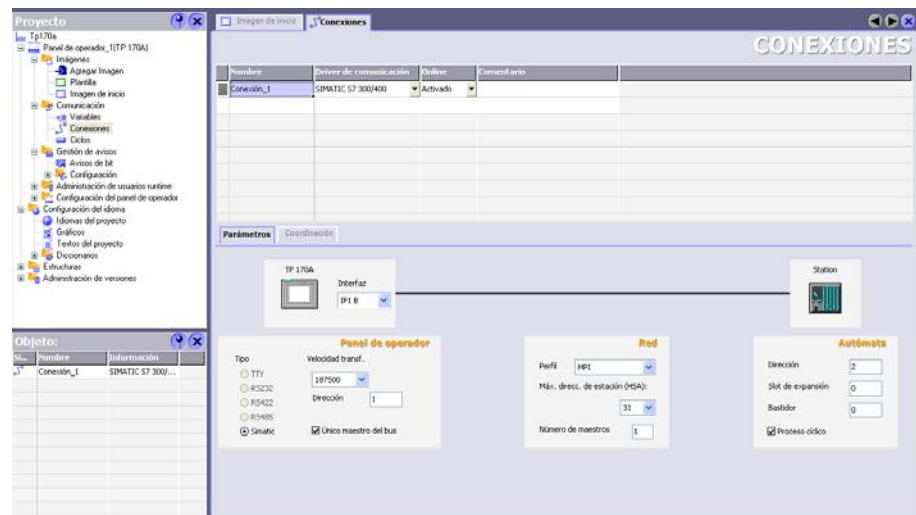


Figura 3.38. Configuración de conexión de panel de operador desde WinCC.

Con este último, paso ya está configurada la red MPI y conectada con todos los dispositivos. A continuación, se detallan las especificaciones de la red MPI:

- Velocidad de transferencia: 187,5 Kbits/s.
 - Número máximo de dispositivos: 31.
 - Dispositivos conectados: 3.
 - dirección 0: PC.
 - dirección 1: Panel de operador.
 - dirección 2: autómatas programables.
- **PLC-Variador de frecuencia.** Durante el funcionamiento del sistema la comunicación existente entre ambos dispositivos se basa en las dos señales digitales de control. Ordenan al variador de frecuencia cuando tiene que girar el motor en un sentido u en otro. Estas señales son las salidas digitales RK2 (A125.6) y RK3 (A125.7) del PLC y entradas digitales del variador de frecuencia DIN1 (terminal 5) y DIN2 (terminal 6), respectivamente.

CAPÍTULO 4

Automatización del puesto.

4.1 INTRODUCCIÓN

Una vez configurados todos los dispositivos se procede a la automatización del puesto. Para llevar a cabo la puesta en marcha del puesto de laboratorio es necesario implementar una aplicación mediante la cual se compruebe el correcto funcionamiento de todos los componentes de dicho puesto.

Como el puesto de laboratorio representa una máquina-herramienta para mecanizar taladros, se ha optado por una aplicación que realice un taladro no pasante mecanizado.

En este capítulo se explica la programación realizada en cada uno de los dispositivos de control. En primer lugar se describe el puesto de laboratorio, detallando cada una de las señales implementadas en el mismo. A continuación, se detalla la aplicación que se ha implementado y por último, se explica cada uno de las programadas de los dispositivos de control.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE LABORATORIO.

El puesto de laboratorio está compuesto por una maqueta y un armario eléctrico de control. La maqueta representa la máquina-herramienta que realiza el proceso de mecanizado. En ella están instalados diferentes elementos que realizarán el mecanizado de la pieza.

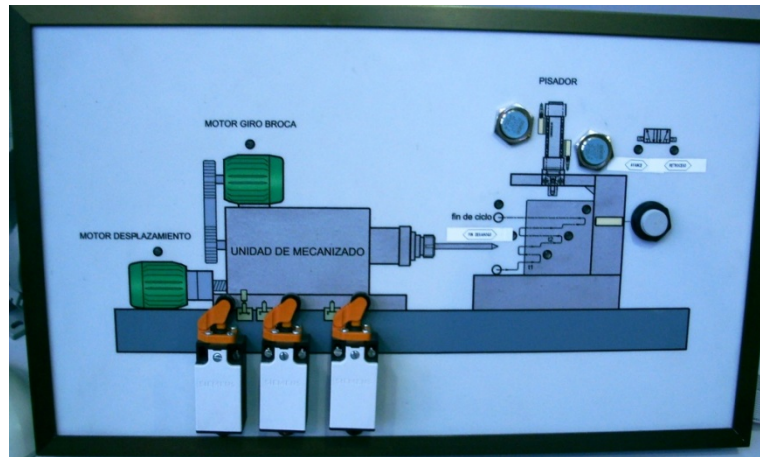


Figura 4.1. Maqueta de mecanizado.

La maqueta está formada por detectores y actuadores. Dentro del grupo de detectores se encuentran: tres finales de carrera, dos detectores de proximidad inductivos y un detector de proximidad capacitivo. Los actuadores están representados por diferentes leds que indican cuando se encuentran activados. Dos representan los motores de la unidad de mecanizado (broca y desplazamiento) y otros dos que representan las válvulas neumáticas que controlan el avance y retroceso del cilindro que fija la pieza en la posición de mecanizado. Por último, existen otros cuatro leds informativos que cuando están activados indican el estado del proceso de mecanizado y cuando este ha finalizado. En la siguiente imagen se observa la disposición y la codificación de cada uno de estos elementos:

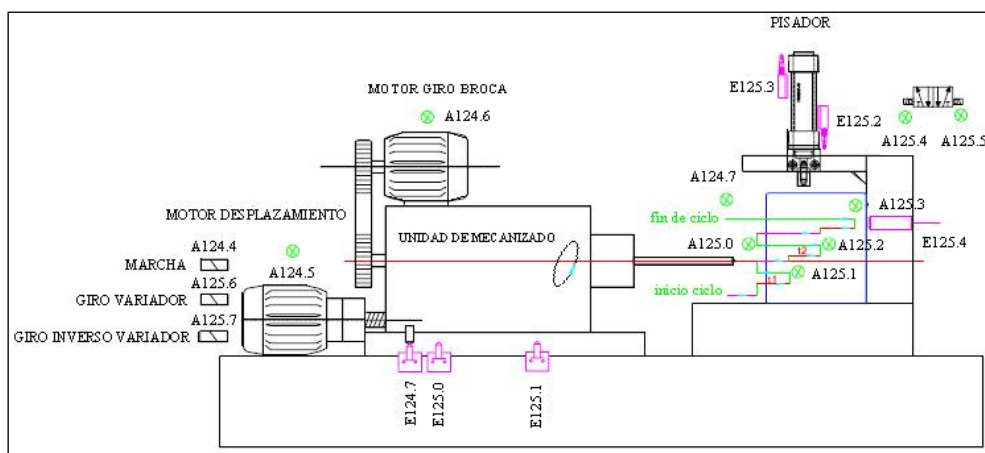


Figura 4.2. Representación de elementos de la maqueta de mecanizado.

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

El armario está compuesto por todos los dispositivos de alimentación y seguridad; los dispositivos de control: PLC, Variador de frecuencia y Panel de operador; y por los pulsadores y selectores del puesto. En la siguiente imagen se observa la puerta del armario donde están dispuestos algunos de estos elementos:



Figura 4.3. Puerta del armario eléctrico.

En la siguiente imagen se detalla la colocación y la codificación de los pulsadores y selectores instalados en la puerta del armario. Los pulsadores incluyen una lámpara de señalización que se activa en función del estado del proceso.

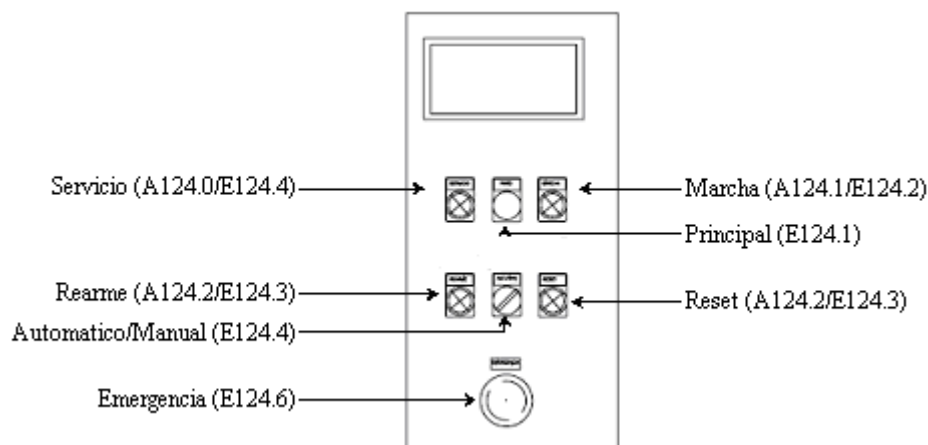


Figura 4.4. Representación de elementos de la puerta del armario.

En las siguientes tablas se detalla la codificación de todas las entradas y salidas que forman parte del puesto de laboratorio.

ENTRADAS DIGITALES			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
PSE	E 124.0	BOOL	Pulsador de servicio
PPA	E 124.1	BOOL	Selector principal
PMA	E 124.2	BOOL	Pulsador de marcha
PRM	E 124.3	BOOL	Pulsador de rearme
AUT	E 124.4	BOOL	Selector automatico/manual
PRS	E 124.5	BOOL	Pulsador de reset
PEM	E 124.6	BOOL	Seta de emergencia
UMR	E 124.7	BOOL	F. carrera reposo unidad de mecanizado
UMD	E 125.0	BOOL	F. carrera desahogo viruta
UMF	E 125.1	BOOL	F. carrera fin desplaz. unidad mecanizado
TP	E 125.2	BOOL	Detector trabajo cilindro pisador
RP	E 125.3	BOOL	Detector reposo cilindro pisador
SP	E 125.4	BOOL	Detector control presencia pieza
	E 125.5	BOOL	
NA	E 125.6	BOOL	Estado térmico del motor
KE1	E 125.7	BOOL	Estado del modulo de seguridad

Tabla 4.1. Entradas digitales.

SALIDAS DIGITALES			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
HS	A124.0	BOOL	Luz de servicio
HM	A124.1	BOOL	Luz de marcha
HR	A124.2	BOOL	Luz de rearme
HRST	A124.3	BOOL	Luz de reset
RM1	A124.4	BOOL	Contactador alimentación motor
H_MD	A124.5	BOOL	Led movimiento motor desplazamiento
H_MG	A124.6	BOOL	Led movimiento motor giro broca
H_REP	A124.7	BOOL	Led reposo
N	A125.0	BOOL	Led indicación fin desahogado
K	A125.1	BOOL	Led realizado taladro 1
L	A125.2	BOOL	Led realizado taladro 2
M	A125.3	BOOL	Led realizado taladro 3
EVG	A125.4	BOOL	Led indicación avance cilindro pisador
EVH	A125.5	BOOL	Led indicación retroceso cilindro pisador
RK2	A125.6	BOOL	Giro variador
RK3	A125.7	BOOL	Giro inverso variador

Tabla 4.2. Salidas digitales.

SALIDAS ANALÓGICAS			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
V_MOT	PAW752	INT	Velocidad del motor de desplazamiento

Tabla 4.3. Salidas analógicas.

4.3 APLICACIÓN IMPLEMENTADA

La aplicación implementada en el puesto de laboratorio es capaz de realizar el mecanizado de la pieza. Para lograr esta aplicación se han programado el autómatas programable, panel táctil y variador de frecuencia.

Para mecanizar la pieza se ha optado por un taladro realizado en tres pasadas debido a la gran profundidad. Por este motivo se genera gran cantidad de viruta que podría provocar daños en la broca y acabados superficiales defectuosos en el taladro, por lo tanto durante el mecanizado la unidad de mecanizado retrocederá para desahogar la viruta.

Se ha desarrollado una aplicación en la que el control de todos los dispositivos lo realiza el PLC que en comunicación con el panel táctil se puede visualizar todo el proceso y modificar algunos de los parámetros de dicho proceso.

La aplicación implementada permite la realización del mecanizado una pieza con dos posibles ciclos de funcionamiento: automático o manual. El ciclo automático se realiza de forma automatizada permitiendo la visualización y cambio de parámetros desde las pantallas creadas en el panel táctil. El ciclo manual se realiza actuando directamente sobre los dispositivos desde una pantalla del panel táctil instalada para tal fin.

A continuación, se detallan cada una de las secuencias de funcionamiento para el uso del sistema. Estas secuencias son: puesta en servicio, paro de la máquina, selección de ciclo y emergencia:

- **Puesta en servicio.** Para poner en marcha la máquina después de una desconexión o nuevo arranque se ha de realizar la siguiente secuencia:

1. Girar el selector principal (PPA) a posición ON.
2. Accionar el pulsador de servicio (PSE) y el pulsador de rearme (PRM).

Desde este momento la máquina se encuentra en estado de servicio, que se indica con la activación de la lámpara del pulsador de servicio (HS).

- **Paro de la máquina.** Para apagar la máquina se debe realizar la siguiente secuencia:

1. Girar el selector principal (PPA) a posición OFF.
2. Desde este momento se apaga la luz del piloto de servicio (HS). El programa desarrollado en el PLC deja de funcionar y se reinicializa totalmente el programa.

- **Selección de ciclo.** Una vez puesta en servicio la máquina se selecciona el ciclo que queremos realizar, automático o manual, para ello se tiene que realizar la siguiente secuencia:

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

1. Poner el selector auto/manual (AUT) en la posición deseada.
 2. Accionando el pulsador de marcha (PMA) entramos en el ciclo seleccionado.
 3. Si se ha elegido el ciclo manual se indicara con intermitencia de las lámparas de los pulsadores de servicio (HS) y de marcha (HM). Desde este momento el mecanizado se realiza desde la pantalla manual del panel táctil. En cambio, si ha optado por el ciclo manual el proceso comprobara si la máquina está en condiciones iniciales. Esta secuencia se explica más adelante dentro del ciclo automático de mecanizado.
- **Emergencia.** Si durante el funcionamiento de la máquina se observa algún tipo de anomalía o peligro se debe pulsar la seta de emergencia (PEM). Mediante la iluminación de la luz del pulsador de rearme (HR) y la desactivación de la luz de servicio (HS) se indica este estado. En este estado la maquina se detiene el proceso de mecanizado. Una vez subsanado el incidente para poner de nuevo en funcionamiento la máquina se debe realizar la siguiente secuencia:
 1. Desenclavar la seta de emergencia (PEM).
 2. Dar al pulsador de rearme (PSE), apagándose en este momento la lámpara de rearme (HR).
 3. Para poner de nuevo en servicio la máquina se debe accionar el pulsador de servicio (PSE) iluminándose de nuevo su lámpara (HS).

Una vez detalladas las secuencias generales de funcionamiento de la maquina, se describe la secuencia de funcionamiento del ciclo de mecanizado automático. En este proceso en primer lugar se comprueba si la máquina se encuentra en condiciones iniciales. Cuando estas se dan comienza el ciclo de mecanizado.

El primer paso es la activación del pulsador de marcha (PM) para comenzar el ciclo de mecanizado automático. A continuación, se comprueban las condiciones iniciales, que son las siguientes:

1. Motor de giro de broca desconectado, es decir, los relés de giro (RK2, RK3) y la luz de motor giro broca (H_MG) estén desactivados.
2. Motor de desplazamiento de la unidad de mecanizado detenido en la posición de reposo.
3. Cilindro pisador en posición de reposo (RP).

Si no se dan todas estas especificaciones la máquina no se encuentra en condiciones iniciales, situación que queda indicada con la activación de la luz de reset (HRST). Para llevar la máquina a condiciones iniciales se realiza la siguiente secuencia:

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

1. Accionar el pulsador de reset (PRS) y mantenerlo pulsado hasta que la máquina vuelva a condiciones iniciales.
2. activación del retroceso del cilindro pisador (EVH) hasta la posición de reposo (RP).
3. Retroceso de la unidad de mecanizado hasta la posición de reposo (UMR). Este proceso se realiza a una velocidad de 450 rpm activando el retroceso del motor, para ello se activan las señales de giro inverso variador (RK3).y el relé de alimentación del motor (RM1).

Con estas acciones la máquina se encuentra en condiciones iniciales y preparada para el ciclo automático. Para que dé comienzo el ciclo se debe accionar el pulsador de marcha (PMA).

Una vez iniciado el ciclo automático se procede a la detección de una pieza para mecanizar mediante el detector de presencia capacitivo (SP). Si cuando se pulsa el pulsador de marcha no se detecta una pieza la luz del pulsador de marcha (HM) se pone en intermitencia con frecuencia larga hasta que se coloque una pieza. Una vez posicionada la pieza y detectada (SP) la luz de marcha (HM) pasara a una intermitencia de frecuencia corta. La máquina ya está lista para taladrar esperando la pulsación del pulsador de marcha (PM) para que dé comience el mecanizado. Desde este momento y hasta la finalización del proceso de mecanizado la luz de marcha (HS) permanecerá encendida.

A continuación, se detalla el funcionamiento de la maquina en el ciclo de mecanizado automático. Cuando se detecta una nueva pieza en el soporte fijación da comienzo el ciclo de mecanizado, que es el siguiente:

1. El cilindro pisador avanza para fijar la pieza en el sistema de sujeción de pieza. Para ello se activa la bobina de avance (EVG).
2. Cuando el detector de proximidad inductivo de trabajo (TP) detecte al cilindro pisador indicara que la pieza está sujeta.
3. Avance de la unidad de mecanizado para acercar la broca a la pieza a taladrar. Se ponen en funcionamiento el motor de desplazamiento de la unidad de mecanizado y el motor de giro de broca, para ello se activa el giro del variador (RK2) y los led's de indicación de movimiento del motor de desplazamiento (H_MD) y de motor giro broca (H_MG), respectivamente. En todos los casos en los que se accione el motor se tiene que activar el relé que da alimentación al motor (RM1). Esta acción se hace a una velocidad de 900 rpm.
4. Cuando la unidad de mecanizado toque el final de carrera de desahogo de viruta (UMD) la velocidad de avance disminuirá hasta 450 rpm para realizar el primer taladro a la pieza.
5. La profundidad de este primer taladro la dará el primer temporizador T1 que dura 5 segundos. Una vez transcurrido este tiempo se ilumina el led de fin de taladro 1 (K). Este led queda encendido hasta que finalice el ciclo de mecanizado.

6. Cuando finaliza el anterior taladro la unidad de mecanizado retrocede para desahogar la viruta generada. Para ello se desactiva el giro variador (RK2) y se activa el giro inverso variador (RK3). Este retroceso se realiza a una velocidad de 1350 rpm.
7. Una vez que la unidad retrocede y es detectada por el final de carrera desahogo de viruta (UMD) se ilumina el led de fin de desahogo (N) un instante. En este momento da comienzo el segundo taladro. Este taladro está limitado por el segundo temporizador (T2) configurado a 10 segundos. Para este taladro se tiene que activar el giro variador (RK2) y desactivar el giro inverso variador (RK3). Al igual que el primer taladro se realiza a una velocidad de trabajo de 450 rpm.
8. Transcurridos los 10 segundos finaliza este segundo taladro. Esta acción queda indicada con el led de fin taladro 2 (L) iluminado hasta el final del ciclo de mecanizado. Como sucede tras el primer taladro la unidad de mecanizado retrocede hasta desahogar la viruta.
9. Cuando el final de carrera fin de desahogo (UMD) detecta la unidad de mecanizado se ilumina el led de fin de desahogo (N). Desde este instante comienza el último taladro.
10. Para este último taladro se activa el giro variador (RK2) a una velocidad de 450 rpm. La profundidad de este taladro viene determinada físicamente, es decir, la unidad de mecanizado avanza hasta que es detectada por el final de carrera fin de desplazamiento unidad de mecanizado (UMF). Cuando el final de carrera detecta la unidad de mecanizado ha concluido el proceso de taladro de la pieza, quedando indicado mediante la activación del led de fin de taladro 3 (M).
11. Ahora se llevan los elementos a posición de reposo. La unidad de mecanizado retrocede hasta la posición de desahogo (UMD) a una velocidad de 1350 rpm. Cuando llega a esta posición el cilindro pisador retrocede para liberar la pieza mecanizada activando la válvula de retroceso (EVH). A la vez sigue retrocediendo la unidad de mecanizado a la misma velocidad.
12. Desde este instante se ilumina el led de reposo (H_REP) que indica que la pieza está terminada. Cuando se detecta que la unidad de mecanizado ha llegado a la posición de reposo (UMR) se detiene el motor desactivando las señales de giro inverso variador (RK3) y contacto alimentación motor (RM1). También, cuando el detector de presencia de reposo del cilindro pisador (RP) se activa se detiene el retroceso del cilindro desconectando la válvula de retroceso (EVH).
13. El programa se encuentra a la espera de la retirada de la pieza mecanizada. Cuando el detector de presencia de pieza (SP) no detecta pieza indica que se ha retirado la pieza y por lo tanto el ciclo de mecanizado ha concluido y la máquina se encuentra a la espera de una nueva selección de proceso y el inicio de un nuevo ciclo.

El anterior funcionamiento descrito corresponde al ciclo de mecanizado automático. Todo este proceso se visualiza desde el panel táctil. A través de diferentes pantallas creadas desde las que se observan diversos parámetros del sistema y que está realizando la máquina en todo momento. Para la supervisión del ciclo automático se han programado tres pantallas a las que se accede desde el menú principal siempre y cuando el selector auto/manual (AUT) se encuentre en posición auto. Las pantallas son las siguientes:

- **PROCESO.-** Desde esta pantalla se visualiza el proceso de mecanizado. En la parte superior se indica el estado de la máquina, estos son Servicio, Marcha, Rearme y Reset. En la parte central se observan diferentes avisos de servicio, que informan del desarrollo del mecanizado de la pieza. Estos avisos indican la activación del motor, velocidad, movimiento del cilindro pisador,...Por último en la parte inferior se observa un contador de piezas correctamente taladradas con su respectivo reset.
- **VELOCIDADES.-** En esta pantalla se indican las diferentes velocidades que se utilizan en el proceso de mecanizado. Estas velocidades son modificables, por lo que el usuario las puede cambiar durante el proceso dentro del rango 0-1350 rpm. Las velocidades son las siguientes:
 - **Velocidad de avance.-** Esta velocidad es la que se usa en la aproximación de la unidad de mecanizado. Por defecto, es de 900 rpm.
 - **Velocidad de trabajo.-** Es la velocidad con la que se realiza el avance y taladrado de la pieza. Por defecto, 450 rpm.
 - **Velocidad de retroceso.-** Utilizada para el retroceso de la unidad de mecanizado, para desahogar la viruta y en el retroceso a condiciones iniciales. Por defecto, está ajustada a la velocidad máxima del motor, 1350 rpm.
- **TIEMPOS.-** Esta pantalla se ha creado para observar y modificar el tiempo y por lo tanto la profundidad de los dos primeros taladros. Para cada uno de los tiempos hay dos recuadros: el de la izquierda indica el tiempo que se ha configurado, pudiéndolo modificar; el de la derecha indica el valor actual del temporizador.

En cambio, si se ha elegido por el ciclo de mecanizado automático se realiza desde el panel táctil. Este ciclo se indica mediante el parpadeo de los pilotos de las luces de servicio (HS) y marcha (HM). Para el control de este ciclo se ha creado una pantalla llamada MANUAL. Desde esta pantalla se actúa directamente sobre los diferentes dispositivos: motor y cilindro pisador. Se puede optar sobre el avance o retroceso de estos elementos hasta la posición adecuada. También, se puede modificar la velocidad a la que trabaja el motor.

4.4 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

Para lograr que el puesto de laboratorio realice la aplicación anteriormente descrita se han programado los diferentes dispositivos de control. La programación se ha realizado siguiendo una estructura centralizada, es decir, un elemento actúa como maestro y el resto como esclavos. El dispositivo principal o maestro es el autómatas programable, que controla todas las señales y es el encargado de dar las órdenes oportunas al resto de dispositivos. Los esclavos del sistema son el panel táctil y el variador de frecuencia, que reciben órdenes del PLC y actúan de forma consecuente a su programación interna.

Una vez comprendida la aplicación que se desea desarrollar es necesario definir la estructura de la programación y los recursos necesarios para la programación. Se ha optado por una estructura secuencial. El programa va recorriendo diferentes estados en los cuales se activan las salidas adecuadas. Además, para la intercambio de información entre el autómatas y el panel táctil se han implementado diferentes bloques de datos modificables desde el panel o por programa mediante el autómatas.

4.4.1 PROGRAMACIÓN PLC S7

Para lograr el funcionamiento anteriormente descrito se ha programado el autómatas programable cumpliendo sus especificaciones. En este apartado se desarrolla la programación del PLC especificando los bloques necesarios y los recursos utilizados.

El primer paso realizado antes de la programación ha sido la elaboración de una tabla de símbolos en el que se incluyen las señales utilizadas, entradas, salidas, marcas,...

Para crear dicha tabla de variables se utiliza el editor de símbolos del Administrador Simatic. La tabla creada se muestra a continuación:

	Estado	Símbolo	Direcció	Tipo de dato	Comentario
1		HS	A 124.0	BOOL	Luz de servicio
2		HM	A 124.1	BOOL	Luz de marcha
3		HR	A 124.2	BOOL	Luz de rearme
4		HRST	A 124.3	BOOL	Luz de reset
5		RM1	A 124.4	BOOL	Contactor alimentación motor
6		H_MD	A 124.5	BOOL	Led indicacion de movimiento del motor de desplazamiento
7		H_MG	A 124.6	BOOL	Led indicacion de movimiento del motor giro broca
8		H_REP	A 124.7	BOOL	Led reposo
9		N	A 125.0	BOOL	Led indicacion fin desahogo
10		K	A 125.1	BOOL	Led realizado taladro 1
11		L	A 125.2	BOOL	Led realizado taladro 2
12		M	A 125.3	BOOL	Led realizado taladro 3
13		EVG	A 125.4	BOOL	Led indicacion avance cilindro pisador
14		EVH	A 125.5	BOOL	Led indicacion retroceso cilindro pisador
15		RK2	A 125.6	BOOL	Giro variador
16		RK3	A 125.7	BOOL	Giro inverso variador
17		PSE	E 124.0	BOOL	Pulsador de servicio (Blanco)
18		PPA	E 124.1	BOOL	Selector principal
19		PMA	E 124.2	BOOL	Pulsador de marcha (Verde)
20		PRM	E 124.3	BOOL	Pulsador de rearme (Amarillo)
21		AUT	E 124.4	BOOL	Selector automatico/manual
22		PRS	E 124.5	BOOL	Pulsador de reset (Azul)
23		PEM	E 124.6	BOOL	Seta de emergencia (Rojo)
24		UMR	E 124.7	BOOL	Final de carrera reposo unidad de mecanizado
25		UMD	E 125.0	BOOL	Final de carrera desahogo viruta
26		UMF	E 125.1	BOOL	Final de carrera fin desplazamiento unidad de mecanizado
27		TP	E 125.2	BOOL	Detector trabajo cilindro pisador
28		RP	E 125.3	BOOL	Detector reposo cilindro pisador
29		SP	E 125.4	BOOL	Detector control presencia pieza
30		NA	E 125.5	BOOL	Estado térmico del motor
31		KE1	E 125.7	BOOL	Estado del modulo de seguridad
32		RESET	M 4.0	BOOL	Reset del contador de piezas
33		EVH_M	M 4.1	BOOL	Retroceso cilindro manual
34		EVG_M	M 4.2	BOOL	Avance cilindro manual
35		H_MG_M	M 4.3	BOOL	Led motor giro broca manual
36		AVANCE	M 4.4	BOOL	Avance o retroceso manual
37		RM1_M	M 4.5	BOOL	Contactor alimentación motor manual
38		RK2_M	M 4.6	BOOL	Giro variador manual
39		H_MD_M	M 4.7	BOOL	Led motor desplaz manual
40		V_MOT	PAW 752	INT	Velocidad del motor de desplazamiento
41					

Figura 4.5. Símbolos de entradas, salidas y variables.

El programa se ha dividido en un bloque de organización OB1 y cuatro funciones FC1-FC4. Además, se han desarrollado tres bloques de datos DB10, DB12 y DB14 para la comunicación de datos entre el autómatas y el panel de operador. El lenguaje de programación utilizado es el KOP o de contactos.

Para la programación del PLC se han creado 19 estados, codificados en los Bytes de marcas **M0**, **M1** y **M2**. Cada uno de los bits se corresponde con un estado del programa que se van activando según se ejecuta el programa implementado. Dependiendo del estado en el que se encuentre el sistema se realizan las acciones oportunas y se dan las condiciones necesarias para que se pase a otro estado. En la siguiente tabla se describen los diferentes estados:

CODIFICACION DE ESTADOS		
BIT DE MARCA	FUNCION	DESCRIPCION
M0.0	FC1	Puesta en servicio
M0.1	FC1	Selección de proceso
M0.2	FC2	Comprobación de condiciones iniciales
M0.3	FC2	Sin Condiciones Iniciales. Retroceso de elementos
M0.4	FC2	Detección de pieza
M0.5	FC2	Pieza detectada
M0.6	FC2	Comienzo ciclo. Avance cilindro pisador
M0.7	FC2	Aproximación unidad de mecanizado
M1.0	OB1	Rearme tras emergencia
M1.1	FC2	Taladro 1
M1.2	FC2	Retroceso unidad de mecanizado tras taladro 1
M1.3	FC2	Taladro 2
M1.4	FC2	Retroceso unidad de mecanizado tras taladro 2
M1.5	FC2	Taladro 3
M1.6	FC2	Retroceso unidad de mecanizado tras taladro 3
M1.7	FC2	Retroceso unidad de mecanizado y cilindro pisador
M2.0	FC2	Retirada de ciclo y fin de ciclo
M2.1	FC2	Sin Condiciones Iniciales. Retroceso cilindro pisador
M2.2	FC2	Sin Condiciones iniciales. Retrocesos unidad de mecanizado
M2.3	FC3	Ciclo de mecanizado manual

Tabla 4.4. Codificación de estados.

- OB1

El bloque de organización OB1 es el segmento principal del programa. En él se resetean todas las marcas al arrancarse el puesto de laboratorio. Además, se realizan las llamadas a las diferentes funciones del programa. En este bloque también se encuentra la rutina de emergencia. A continuación se observa el diagrama de estados que sintetiza su funcionamiento:

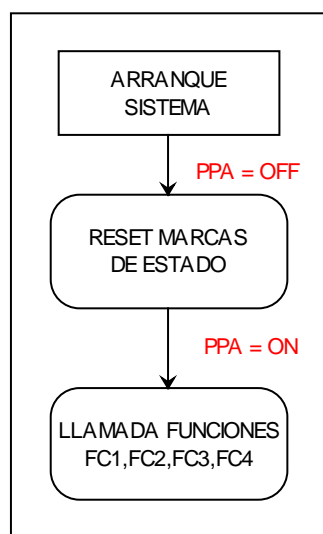


Figura 4.6. Flujograma OB1.

Cuando se enciende el puesto de laboratorio se pone el selector principal en la posición OFF para realizar un reseteo de todas las marcas del sistema. Cuando se activa el sistema tras colocar el selector principal en la posición ON se realiza la llamada a las distintas funciones y se pone el sistema en el estado inicial de la función FC1.

Dentro del bloque OB1 también se encuentra la rutina de emergencia. Se entra en esta rutina cuando se pulsa la seta de emergencia desde cualquier estado del programa. Una vez solucionada la emergencia se debe desenclavar la seta y pulsar el pulsador de rearme para volver al estado inicial de la función FC1.

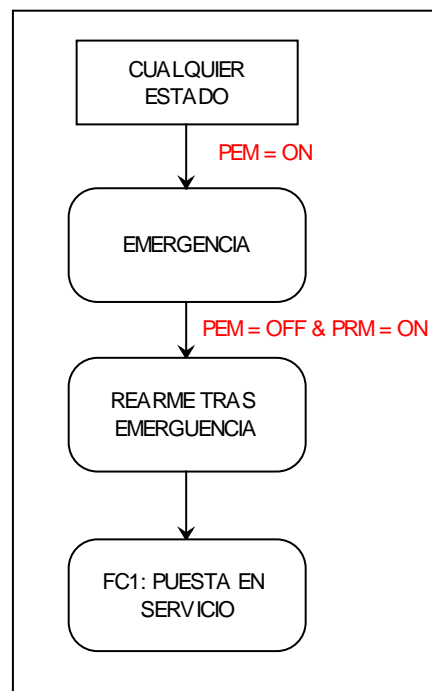


Figura 4.7. Flujograma secuencia de emergencia

- FC1.- Puesta en servicio y selección de proceso.

La función FC1 realiza la puesta en servicio del puesto de mecanizado y la selección de proceso. Esta función pone en funcionamiento la maquina y espera a que el usuario seleccione entre los dos posibles tipos de procesos, automático o manual. A continuación se muestra el flujograma de esta función:

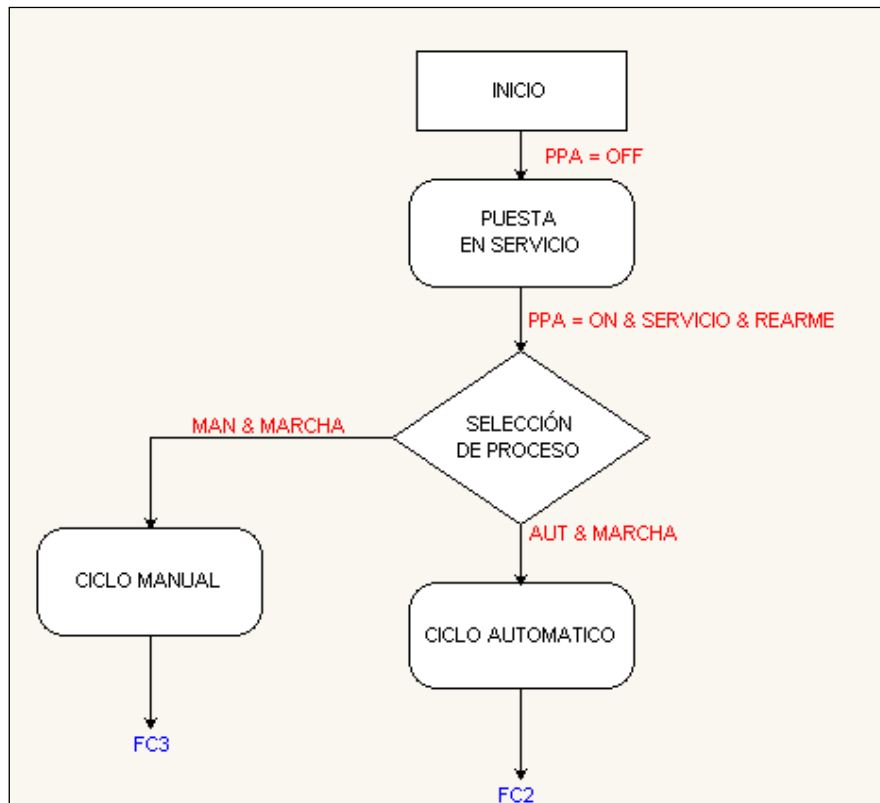


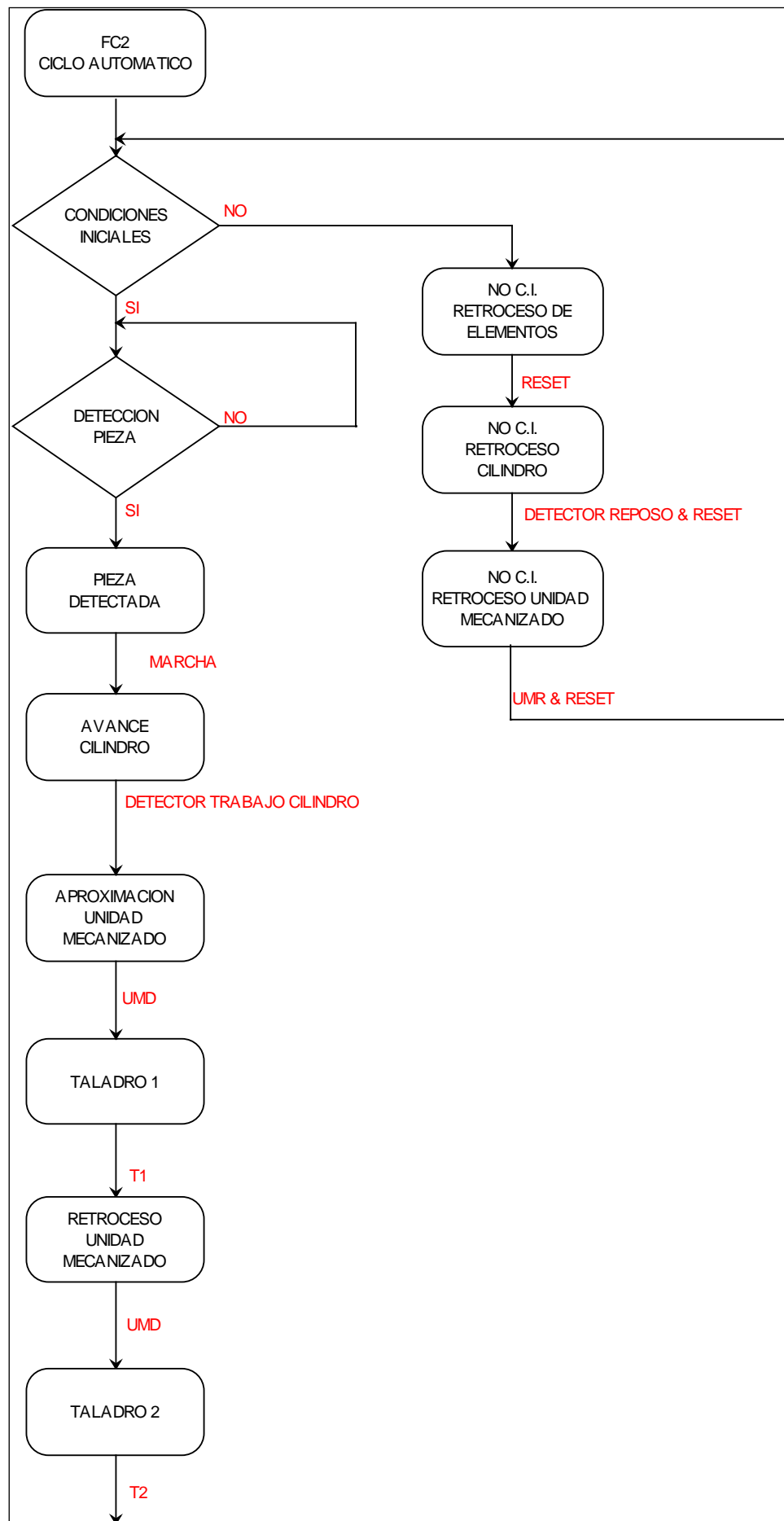
Figura 4.8. Flujograma FC1. Puesta en servicio y selección de proceso.

Una vez el programa se encuentra en el estado inicial de la función FC1 se realiza la puesta en servicio del puesto girando el selector principal a la posición ON y accionando los pulsadores de Servicio y Rearme. Esta acción queda reflejada con la iluminación de la lámpara de servicio (HS), situada en el pulsador de servicio que indica que la maquina se encuentra preparada para mecanizar. Cada nuevo arranque del puesto de laboratorio es necesario realizar esta secuencia. El pulsador de Rearme hay que pulsarlo para dotar de alimentación eléctrica a los diferentes dispositivos del armario eléctrico.

Cuando el puesto ya está en servicio a continuación se selecciona el tipo de proceso entre los dos posibles: manual y automático. Para seleccionar el ciclo manual se gira el selector AUT/MAN hacia la posición MAN y pulsando el botón de MARCHA entonces el programa entra en la función FC3. Para realizar el ciclo automático se coloca el selector anterior en la posición AUT y se pulsa también el pulsador MARCHA, el programa continúa con la función FC2.

- FC2.- Ciclo automático.

Una vez seleccionado el proceso de mecanizado automático, en primer lugar el puesto realiza una serie de comprobaciones para verificar si la maquina se encuentra en las condiciones iniciales específicas de la aplicación. Estas condiciones son motor de giro de broca desconectado, motor de desplazamiento en posición de reposo y cilindro pisador en reposo. Si estas condiciones se dan el puesto inicia el ciclo automático, siguiendo las funciones anteriormente descritas. Este es el diagrama de flujo que representa esta función:



Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

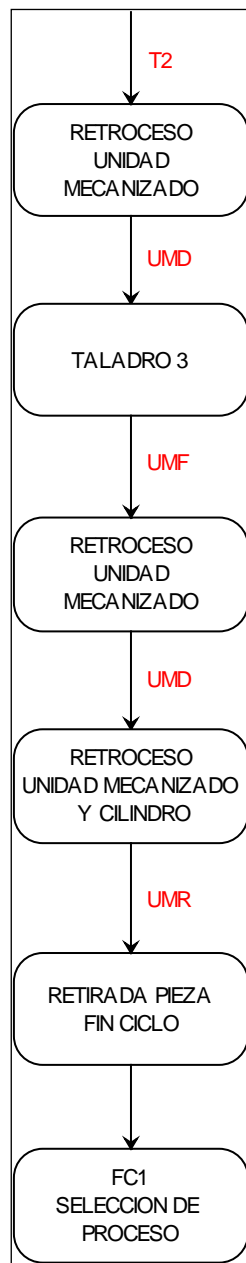


Figura 4.9. Flujograma FC2. Ciclo automático.

Como se observa en el diagrama de flujo, el primer paso a realizar es comprobar las condiciones iniciales. En este estado se produce una bifurcación con dos posibles secuencias: si el puesto de mecanizado no se encuentra en las condiciones iniciales se ha de poner en ellas, o por el contrario si el puesto está preparado se comienza el proceso de mecanizado de la pieza.

Si no está en condiciones iniciales, esta situación se indica con la iluminación del piloto del pulsador de reset. A continuación, el operador tiene que accionar el pulsador de RESET y mantenerlo pulsado hasta que se produzca el retroceso de elementos hasta las condiciones iniciales. En primer lugar se produce el retroceso del cilindro pisador indicado mediante el Led indicación retroceso

cilindro pisador. Cuando se detecte la posición de reposo del cilindro mediante el Detector cilindro pisador reposo el segundo paso es el retroceso de la unidad de mecanizado. Para ello se activan las señales correspondientes para que la unidad de mecanizado retroceda. Estas son: alimentación motor y giro inverso motor, que se indica mediante la activación de Led movimiento motor desplazamiento, el relé que de alimentación al motor RM1 y el relé que activa el giro inverso del variador RK3. Además, mediante la salida analógica V_MOT se indica al variador de frecuencia la velocidad oportuna que son 450 rpm. Cuando se detecta la posición de reposo de la unidad de mecanizado mediante el Final de carrera reposo unidad de mecanizado, el proceso de retroceso de elementos ha finalizado, desconectando todas las señales anteriores, el puesto de laboratorio se encuentra preparado para realizar el mecanizado.

Cuando el puesto de laboratorio se encuentra en las condiciones iniciales el siguiente paso es colocar una pieza para que sea mecanizada. Mediante el Detector presencia de pieza se detecta la colocación de una pieza. Mientras la pieza no está colocada se indica por la intermitencia de Luz de marcha con una frecuencia larga. Cuando se detecta la pieza la frecuencia de la Luz de marcha pasa a ser corta y la maquina se encuentra a la espera de la activación del Pulsador de marcha para que dé comienzo el mecanizado.

Una vez que da comienzo el proceso de mecanizado la iluminación de Luz de marcha pasa a ser continua y no se apaga hasta que finalice el taladro de la pieza y esta se haya retirado. El primer paso del mecanizado es la fijación de la pieza mediante el avance del cilindro pisador. Para ello se activa el Led indicación avance cilindro pisador hasta que este sea detectado por el Detector trabajo cilindro pisador.

Ahora que está fijada la pieza el siguiente paso es la aproximación de la unidad de mecanizado. Se activan los relés de alimentación de motor (RM1) y el giro variador (RK2). Además de los leds de movimiento de motor desplazamiento y motor giro broca. Esta aproximación se realiza a una velocidad de 900 rpm, que finaliza cuando la unidad de mecanizado es detectada por el final de carrera desahogo viruta. En este momento la velocidad baja a 450 rpm para realizar el primer taladro. Se inicia el temporizador T1 con un tiempo de mecanizado de 5 segundos.

Cuando T1 acaba se ilumina el Led taladro 1 realizado y se cambia el sentido de giro del motor para que retroceda la unidad de mecanizado para desahogar la broca de viruta. Para ello se desactiva el relé RK2 y se activa el relé RK3. Este proceso se realiza a una velocidad de 1450 rpm indicada al variador de frecuencia mediante la salida analógica V_MOT. Cuando la unidad

de mecanizado llega hasta la zona de desahogo de viruta es detectada por el Final de carrera desahogo de viruta se detiene y se vuelve a cambiar el sentido de giro del motor para realizar el segundo taladro esta vez controlado por el temporizador T2 programado con un tiempo de proceso de 10 segundos.

Se activa de nuevo el relé RK2 y se desactiva el relé RK3 para que la unidad de mecanizado avance para realizar el taladro. Como anteriormente la velocidad de trabajo es de 450 rpm. Cuando finaliza el temporizador T2 se activa el Led taladro 2 realizado y se vuelve a detener la unidad de mecanizado y se invierte el sentido de giro para desahogar viruta nuevamente. La unidad de mecanizado retrocede hasta la posición de desahogo de viruta a una velocidad de 1450 rpm. Cuando la broca ha desahogado la unidad de mecanizado se dispone a realizar el último taladro en la pieza. Para ello se vuelven a activar el relé RK2 para que la unidad de mecanizado realice el taladro a una velocidad de 450 rpm. Este último taladro no está definido por tiempo sino por la profundidad final del taladro. La unidad de mecanizado avanza hasta que es detectada por el Final de carrera fin desplazamiento unidad de mecanizado. En este momento el mecanizado ha concluido y retrocede a una velocidad de 1450 rpm, cuando llega a la zona de desahogo de viruta se activa el Led fin de ciclo de taladro. La unidad de mecanizado continúa retrocediendo hasta la posición de reposo y se detiene desactivando los relés de alimentación de motor RM1 y el relé de giro inverso del motor RK3.

Para finalizar el proceso el cilindro pisador retrocede para liberar la pieza mecanizada indicado mediante la activación del Led indicación retroceso cilindro pisador. Cuando llega a la posición de reposo el proceso de mecanizado ha concluido y se incrementa el contador de piezas correctamente taladradas Piezas.

Una vez finalizado el proceso de mecanizado automático la función FC2 finaliza y el programa vuelve a la función FC1 en la que se selecciona el proceso para taladrar una nueva pieza.

- FC3.- Ciclo manual.

Esta función se encarga de controlar el proceso de mecanizado cuando se ha optado por el ciclo manual. Desde la función FC1 de selección de proceso cuando se pone el selector en la posición MAN y se activa el pulsador de Marcha el programa realiza la función FC3 de ciclo manual, que está representada en el siguiente flujograma:

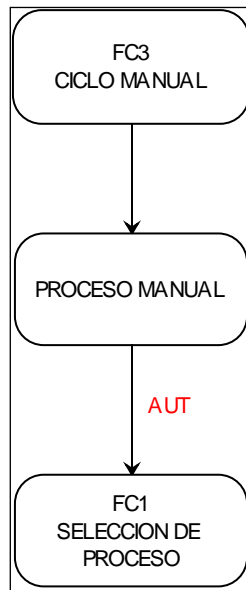


Figura 4.10. Flujograma FC3. Ciclo manual.

Como se observa en el flujograma, desde el punto de vista de la programación del PLC, esta función es sencilla. Esto se debe a que este proceso está controlado exclusivamente desde el Panel de Operador y no desde la botonera de la puerta del armario eléctrico. Desde la pantalla Manual del panel operador pulsando cada uno de los botones se controla el movimiento de los diferentes de elementos, así como, la velocidad del motor. En el apartado de la programación del panel de operador se detalla en profundidad este tipo de proceso.

Para terminar el proceso manual de mecanizado basta con girar el selector de proceso hacia la posición AUT, y el programa finaliza esta función y vuelve a la función FC1 de selección de proceso.

- FC4.- Asignación de salidas.

Desde esta función se controla el estado de todas las salidas de sistema y también se cambian los diferentes parámetros del mismo. Dependiendo del estado del proceso se encuentre el equipo se activan o desactivan las señales adecuadas, que se han descrito en los apartados anteriores.

En esta función también se encuentran los diferentes temporizadores implementados para controlar el ciclo de mecanizado automático. Para el correcto funcionamiento del sistema se han implementado tres temporizadores: dos para determinar la profundidad de los taladros y uno para el cambio de sentido de giro del motor.

Para determinar la profundidad de los taladros, T1 y T2, se ha optado por temporizadores con retardo a la conexión:

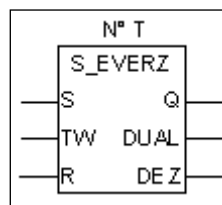


Figura 4.11. Temporizadores.

Este tipo de temporizadores inician su cuenta de tiempo cuando en su entrada S se detecta un flanco positivo. Cuando la secuencia del programa entra en el estado de Taladro 1 o 2 el bit de dicho estado se activa y se inicia la temporización. Mediante la entrada TW se carga la temporización deseada, en este caso, los valores de tiempo están agrupados en el bloque de datos DB10, siendo su tipo de dato S5TIME. Este bloque de datos es modificable desde la pantalla de operador. La entrada R se usa para resetear la temporización, que en este caso no se ha usado. En el apartado de salidas la de tipo BOOL Q indica el estado del temporizador. Cuando finaliza el tiempo programado y la entrada S sigue a 1 se activa. Las otras dos salidas de tipo WORD indican el valor de temporización actual. La única diferencia radica en que DUAL lo codifica en binario y DEZ en BCD. En este programa se ha optado por la salida DEZ que también está incluida en el bloque de datos DB10. Este valor se transfiere al panel de operador que se observa desde la pantalla de tiempos.

El temporizador T1 usado en el primer taladro por defecto tiene determinada su profundidad de trabajo por un tiempo de 5 segundos. Este valor se puede modificar desde el panel táctil en la pantalla de tiempos. Para que este parámetro se pueda modificar y ser usado tanto desde el PLC como desde la pantalla táctil se ha

implementado un bloque de datos DB10. Para este temporizador se usan los datos DB10.DBW2 y DB10.DBW4. En el primero es donde se almacena el valor de carga del temporizador, asociado a la entrada TW del temporizador. El segundo de ellos indica el tiempo restante de taladro una vez iniciado el mecanizado del primer taladro. Está asociado a la salida DEZ del temporizador.

El temporizador T2 es igual que el temporizador T1, teniendo este un valor por defecto de de 10 segundos. Los datos del bloque de datos que controlan este temporizador son DB10.DBW6 y DB10.DBW8.

El temporizador T3 se ha implementado para generar un retardo entre el avance y el retroceso de la unidad de mecanizado. Esto es necesario, ya que una vez que finaliza T1 o T2 el cambio de avance a retroceso que realiza el PLC es demasiado rápido y el variador de frecuencia es más lento y no da tiempo a que se activen los relés correspondientes. También se ha utilizado un temporizador con retardo a la conexión, con una temporización cargada de 600 ms. suficientes para que se realice bien la inversión. Para el control de este temporizador en su entrada S se colocan cada uno de los estados en los que se invierte el sentido de giro del motor en forma de operación lógica OR. Dentro de cada uno de estos estados también se realiza una operación AND. Este temporizador comienza en el momento que finaliza el proceso de movimiento del motor en un sentido, que se indica con la activación de la marca de su temporizador (T1 o T2) o cuando se activa el final de carrera de desahogo de viruta o de fin de taladro (UMD o UMF). La configuración de este temporizador es la siguiente:

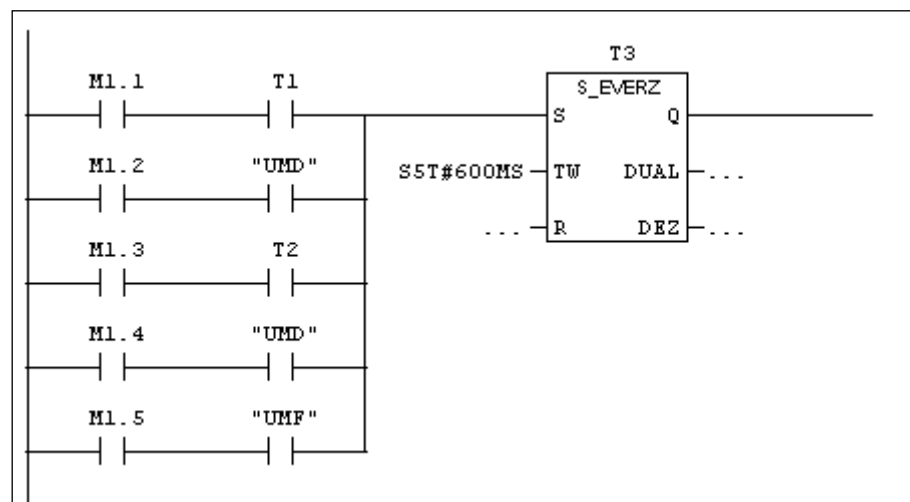


Figura 4.12. Temporizador 3. Retardo para cambio de sentido de giro del motor.

Dentro de esta función también se incluye el contador de piezas implementado Z1. Este contador se incrementa cuando se retira la pieza taladrada y se da por finalizado el ciclo. La puesta a cero se realiza cuando se enciende el equipo mediante el selector principal

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

PPA o desde el panel de operador pulsando el botón de Reset. Este contador de piezas se puede observar desde la pantalla de proceso del panel táctil. El esquema del temporizador es el siguiente:

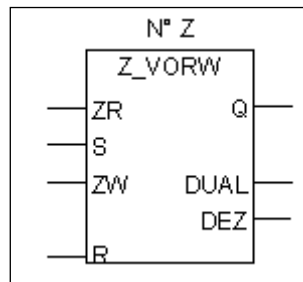


Figura 4.13. Contador de piezas.

Para que se incremente en la entrada ZR se tiene que detectar un flanco positivo. Por las dos salidas DUAL y DEZ se indica el valor actual del contador, con la diferencia que DUAL lo expresa en hexadecimal y DEZ en BCD. Se ha optado por la salida BCD que se almacena de forma temporal en la palabra MW30. El valor del contador se transfiere al panel operador mediante el bloque de datos DB10 que no admite en su declaración el tipo de dato BCD, por lo que se ha realizado previamente una conversión de BCD a entero con el conversor apropiado. Para ello se ha implementado el siguiente segmento, que continuamente realiza la conversión de BCD a entero del valor almacenado temporalmente en MW30. En la entrada IN se ha colocado la palabra MW30 y en la salida después de la conversión se transfiere al panel operador el número de piezas correctamente taladradas a través de la posición cero del bloques de datos DB10, concretamente colocando a la salida DB10.DBW0.

En esta función también están programados los segmentos necesarios para cargar y modificar las diferentes velocidades que se utilizan en el ciclo de mecanizado. Estas velocidades están presentes en los tres elementos de control del sistema: PLC, panel operador y variador de frecuencia.

Para el correcto funcionamiento del sistema se han implementado cinco tipos de velocidades almacenadas en el bloque de datos DB14, para que puedan ser visualizadas y modificadas desde el panel de operador. Los diferentes tipos de velocidades están distribuidos de la siguiente forma:

- V_MOT1. Velocidad motor manual. Esta velocidad se utiliza cuando el tipo de ciclo de mecanizado es el manual en el que la velocidad del motor la selecciona el operador desde la pantalla manual del panel táctil. Por defecto tiene cargada una velocidad de 200 rpm. Almacenada en DB14.DBW0.

- V_MOT2.- Velocidad motor avance. Utilizada para indicar la velocidad del motor en el ciclo de mecanizado automático cuando la unidad de desplazamiento realiza el movimiento de avance hacia una posición determinada, sin realizar mecanizado. Tiene un valor precargado de 900 rpm, esta velocidad se almacena en DB14.DBW2.
- V_MOT3.- Velocidad motor trabajo. Esta velocidad es la usada cuando el motor está realizando el mecanizado de la pieza dentro del ciclo de mecanizado automático. Por defecto tiene un valor de 450 rpm, almacenada en DB14.DBW4.
- V_MOT4.- Velocidad motor retroceso. Velocidad que tiene el motor para que la unidad de desplazamiento retroceda después de realizar un taladro y cuando finaliza el proceso de mecanizado para que vuelva a la posición de reposo. Por defecto se cargado una velocidad de 1350 rpm. Esta velocidad está guardada en DB14.DBW6.
- V_MOTA.- Velocidad motor actual. Esta velocidad indica continuamente el valor actual del motor. Esta velocidad se transfiere a través del bloque de datos DB14.DBW8. Mediante la pantalla de proceso del panel de operador se puede observar la velocidad actual del motor de desplazamiento. Por defecto tiene un valor de 0 rpm.

Como se indicó anteriormente las velocidades son utilizadas y/o modificadas por los tres elementos de control del sistema (PLC, Panel Operador y Variador de Frecuencia). Las comunicaciones entre los diferentes dispositivos son las siguientes:

- PLC-Panel Operador. La comunicación entre estos dos dispositivos se realiza mediante el interfaz MPI de ambos elementos. Para ello se ha programado el bloque de datos DB14 en ambos equipos.
- PLC-Variador de Frecuencia. Mediante la salida analógica V_MOT del PLC se indica en la entrada del variador de frecuencia la velocidad adecuada mediante un valor en voltaje. Para que la velocidad sea la correcta previamente se realizan diferentes conversiones, explicadas más adelante.

Para el correcto funcionamiento se han tenido que realizar diferentes tareas antes de transferir a los diferentes dispositivos las velocidades utilizadas en el proceso de mecanizado. Se ha utilizado una variable temporal para almacenar los valores y realizar las conversiones. Esta variable es la palabra MW32 declarada como tipo entero.

Para transferir el valor almacenado en MW32 a la salida analógica V_MOT se ha implementado el siguiente segmento de programa, en el que se mueve continuamente el valor de MW32 a

la salida analógica para que el variador de frecuencia modifique la velocidad del motor a la indicada:

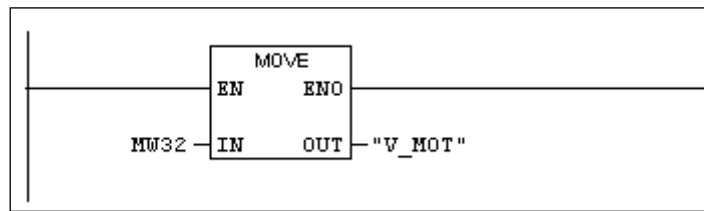


Figura 4.14. Transferencia de velocidad a la salida analógica.

Después de varias pruebas se ha extraído la relación que hay entre el valor entero de MW32 y la velocidad en revoluciones por minuto que tiene que tener el motor.

$$\mathbf{MW32 = Velocidad (rpm) \times 19}$$

Para los diferentes tipos de velocidades se ha programado un segmento de programa diferente. Para la velocidad en reposo que tiene cargada el variador de frecuencia se ha optado por una suma de tipo entero, siendo ambos sumandos cero. El resultado de la suma se almacena en la palabra MW32 y este valor es transferido al variador de frecuencia mediante la salida analógica V_MOT.

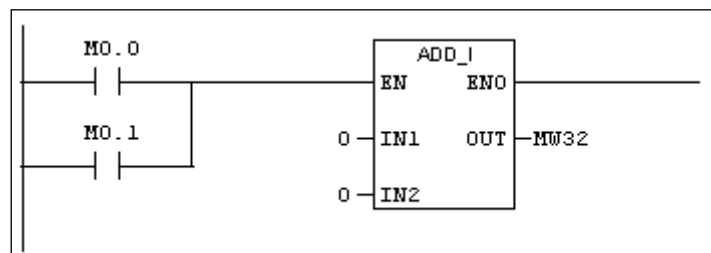


Figura 4.15. Reset del registro de velocidad.

Para las velocidades en avance, retroceso, trabajo y manual se han desarrollado segmentos similares. Se ha utilizado una multiplicación de enteros utilizando la formula descrita anteriormente, siendo los operadores el valor del bloque de datos **DB14** y el valor 19. El resultado de la operación se almacena en la palabra **MW32** para posteriormente ser transferido al variador de frecuencia. A continuación, se detalla uno de estos segmentos a modo de ejemplo.

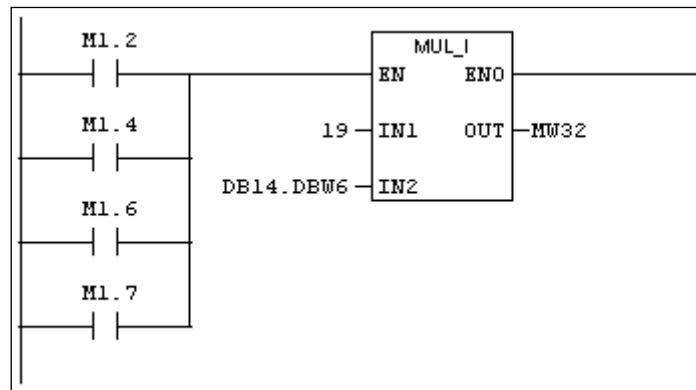


Figura 4.16. Carga de velocidad en el registro.

Cada uno de estas operaciones se realiza cuando la ejecución del programa se encuentra en los estados en los que se utiliza cada una de las velocidades.

Para la velocidad manual el proceso es similar al resto de velocidades. En este caso, los operadores de la multiplicación son **MW32** y 19, y el resultado de la multiplicación se guarda en **DB14.DBW0**, para que se pueda observar desde el panel de operador en la pantalla de proceso.

Las velocidades del ciclo de mecanizado automático (avance, retroceso y trabajo) se pueden modificar y consultar desde la pantalla Velocidades del panel de operador y la velocidad en el ciclo manual se modifica desde la pantalla Manual.

Para la velocidad actual del motor se ha programado otro segmento con la conversión correspondiente. Este valor se almacena en la palabra **DBW14.DBW8**. Esta velocidad se visualiza en la pantalla de proceso del panel de operador. El segmento implementado es el siguiente:

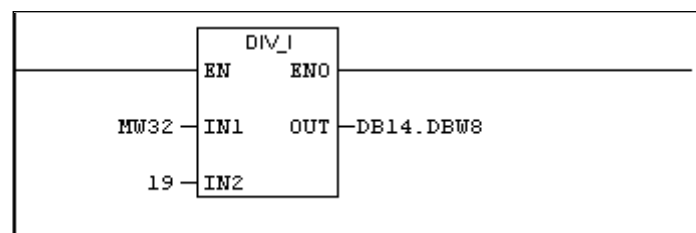


Figura 4.17. Velocidad actual del motor.

En este segmento se realiza una división de enteros entre el valor de velocidad almacenado en la palabra temporal **MW32** y el factor de conversión 19. El resultado de dicha operación se guarda directamente en la palabra **DBW8** del bloque de datos **DB14**.

También se han programado múltiples segmentos para activar los diferentes avisos de servicio descritos anteriormente. Estos

avisos indican a través de la pantalla de proceso del panel operador en qué situación se encuentra el sistema y otros datos del mismo. Los avisos de servicio están almacenados en el bloque de datos **DB12**. Este bloque de datos es utilizado por el PLC y el panel de operador mediante el protocolo MPI. El autómata programable activa cada uno de los avisos de servicio en el momento oportuno y este se visualiza en la pantalla de proceso del panel de operador. En la siguiente tabla se indica la declaración del bloque de datos **DB12** y las posiciones de cada uno de los avisos de servicio:

BLOQUE DE DATOS DB12			
SÍMBOLO	DIRECCION	TIPO DATO	COMENTARIO
Aviso servicio 0	DB12.DBX1.0	BOOL	Relé térmico disparado
Aviso servicio 1	DB12.DBX1.1	BOOL	Emergencia
Aviso servicio 2	DB12.DBX1.2	BOOL	Avance cilindro pisador
Aviso servicio 3	DB12.DBX1.3	BOOL	Avance unidad de mecanizado a velocidad ...rpm
Aviso servicio 4	DB12.DBX1.4	BOOL	Unidad de mecanizado taladro 1 a velocidad ...rpm
Aviso servicio 5	DB12.DBX1.5	BOOL	Fin taladro 1, retroceso a velocidad ...rpm
Aviso servicio 6	DB12.DBX1.6	BOOL	Unidad de mecanizado taladro 2 a velocidad ...rpm
Aviso servicio 7	DB12.DBX1.7	BOOL	Fin taladro 2, retroceso a velocidad ...rpm
Aviso servicio 8	DB12.DBX0.0	BOOL	Unidad de mecanizado taladro 3 a velocidad ...rpm
Aviso servicio 9	DB12.DBX0.1	BOOL	Fin taladro 3, retroceso a velocidad ...rpm
Aviso servicio 10	DB12.DBX0.2	BOOL	Esperando extracción de pieza
Aviso servicio 11	DB12.DBX0.3	BOOL	Esperando activación pulsador de Marcha
Aviso servicio 12	DB12.DBX0.4	BOOL	Esperando nueva pieza
Aviso servicio 13	DB12.DBX0.5	BOOL	Esperando activación pulsador de Servicio

Tabla 4.5. Bloque de datos DB12

Hay tres tipos de avisos de servicio que indican diferentes informaciones al operador:

- **Tipo 1.** Avisos de servicio informativos. Estos avisos indican en la pantalla de proceso del panel de operador que operación está realizando el sistema. Estos avisos son del 2 al 9. Estos indican que acción está realizando el sistema. Además, los que están relacionados con la unidad de

mecanizado a parte de la acción indican la velocidad a la que se realiza la acción.

- **Tipo 2.** Avisos de servicio de emergencia. Indican cuando se ha producido un error en el funcionamiento normal del sistema. Son los avisos 0 y 1. El aviso de servicio se activa cuando el relé térmico **NA** detecta algún sobrecalentamiento en el sistema. El aviso de servicio 1 se activa cuando el operador del sistema acciona la seta de emergencia debido a cualquier problema en el funcionamiento del sistema.
- **Tipo 3.** Avisos de servicio a la espera de acción del operador. Se activan cuando el sistema requiere la actuación del operador del sistema para continuar con el funcionamiento. Estos son los avisos de servicio del 10 al 13.

Todos estos avisos se visualizan en la pantalla de tiempos del panel de operador. En el cuadro de texto de dicha pantalla aparece la hora del aviso seguida del texto correspondiente a cada uno de los avisos de servicio. De esta forma el operador del sistema sabe en todo momento en qué situación se encuentra el funcionamiento del puesto.

A continuación, se detalla en que estados se activan cada una de las salidas digitales del PLC.

- **HS. Luz de servicio.** Esta salida es la iluminación que tiene incrustada el pulsador de servicio. Cuando se enciende el puesto se encuentra apagada. Se enciende cuando se cambia el selector principal a la posición ON y se presiona el pulsador de servicio. Queda iluminada durante todos los estados, es decir, en los siguientes rangos de estados M0.1-M0.7 y M1.1-M2.3. En el estado de rearme tras emergencia (M1.0) se encuentra apagado y en el estado de mecanizado manual (M2.3) parpadea para indicar al operador que la maquina se encuentra en posición manual.
- **HM. Luz de marcha.** Led situado en el pulsador de marcha que se ilumina durante el ciclo de mecanizado automático (M0.6-M0.7 y M1.1-M2.0). Cuando el sistema se encuentra a la espera de la colocación de una pieza (M0.4) parpadea con una frecuencia larga. Una vez detectada la pieza (M0.5) la frecuencia de parpadeo pasa a ser corta esperando que el operador presione el pulsador para que comience el ciclo de mecanizado. Al igual que la luz de servicio durante el ciclo de mecanizado manual parpadea con una frecuencia media.
- **HR. Luz de rearme.** Incrustada en el pulsador de rearme solo se ilumina después de ser accionada la seta de emergencia., en el estado de rearme tras emergencia (M1.0).
- **HRST. Luz de reset.** Esta salida se activa en los estados que indican que la maquina no se encuentra en condiciones

iniciales (M0.3, M2.1 y M2.2). El Led se encuentra situado en el botón de reset.

- **RM1. Contactor alimentación motor.** Conectado a la salida A124.4 del PLC suministra energía al motor, en combinación con otros elementos eléctricos. El circuito que suministra electricidad al motor está controlado por diferentes dispositivos que deben ser activados cuando se requiera el uso del motor, estos son F5, Q1, KE1, RM1 y KM1. En concreto RM1 es activado en los estados M0.7, M1.1...7, M2.2 y M2.3.
- **H_MD. Led movimiento motor de desplazamiento.** Esta salida informa al operador cuando el motor de desplazamiento se encuentra en funcionamiento. Este Led se ilumina en los estados en los que el motor de desplazamiento mueva la unidad de desplazamiento, M0.7, M1.1...7, M2.2 y M2.3.
- **H_MG. Led movimiento motor giro broca.** Este Led alojado en la maqueta indica cuando la broca esta en movimiento para mecanizar una pieza o esta desahogando viruta. Se ilumina en los siguientes estados: M0.7, M1.1...6, M2.2 y M2.3.
- **H_REP. Led reposo.** Esta salida indica cuando la unidad de mecanizado se encuentra en la posición de reposo. Situado en la maqueta se ilumina en los estados M1.7 y M2.0.
- **N. Led fin desahogo.** Luz que informa cuando la unidad de mecanizado ha terminado de desahogar viruta tras taladrar una pieza. Se ilumina en los estados M1.2, M1.4, M1.6 y M1.7 cuando la unidad de mecanizado es detectada por el final de carrera de desahogo de viruta UMD.
- **K. Led realizado taladro 1.** Led situado en la maqueta que indica cuando se ha terminado de mecanizar el primero de los taladros. Se encuentra activo desde que se termina el taladro hasta el fin del ciclo de mecanizado, en los estados M1.2...7 y M2.0
- **L. Led realizado taladro 2.** Similar a la salida anterior, pero en este caso informa de la realización del segundo taladro. Se activa cuando finaliza el mecanizado del taladro 2 y se apaga cuando se termina el ciclo de mecanizado automático, es decir, en los estados M1.4...7 y M2.0
- **M. Led realizado taladro 3.** Salida que como las dos anteriores informa al operador que se ha realizado el tercer taladro. Este Led se ilumina cuando termina el proceso de mecanizado de la pieza, es decir, en los estados M1.6, M1.7 y M2.0.
- **EVG. Led avance cilindro pisador.** Esta salida representa al cilindro que sujeta la pieza, junto con la salida **EVH**. La función que realiza esta salida es ordenar el avance del cilindro pisador para que sujete a la pieza para que sea mecanizada. Se activa únicamente en dos estados, el M0.6

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

al inicio del proceso de mecanizado automático y cuando se ha seleccionado el ciclo de mecanizado manual (M2.3), que se activa cuando el operador presiona el botón correspondiente de la pantalla manual del panel de operador.

- **EVH. Led retroceso cilindro pisador.** Junto con **EVG** componen el sistema de sujeción de la pieza a mecanizar. Esta salida representa la señal necesaria para el retroceso del cilindro pisador para liberar la pieza una vez que ha sido taladrada. Este Led es activado tras la finalización del taladro de la pieza en los estados de retroceso de elementos (M1.7 y M2.0). También se activa cuando la máquina no se encuentra en condiciones iniciales (M2.1). Por último, cuando es seleccionado el ciclo de mecanizado manual (M2.3) se activa cuando el operador pulsa el botón correspondiente de la pantalla de operador.
- **RK2. Giro variador.** Esta salida del PLC está conectada con la entrada DIN1 del variador de frecuencia. Cuando esta señal se activa el motor gira en el sentido de las agujas del reloj, para proporcionar un movimiento de avance a los diferentes elementos. Esta salida se activa en los siguientes estados: M0.7, M1.1, M1.3 y M1.5 del ciclo de mecanizado automático y en el estado M2.3 cuando se ha seleccionado el funcionamiento manual del sistema.
- **RK3. Giro inverso variador.** Similar a **RK2** pero esta salida proporciona el sentido de giro inverso para que los diferentes elementos relacionados con el motor retrocedan. Esta salida se activa en los estados M1.2, M1.4, M1.6 y M1.7 del ciclo de mecanizado automático cuando se retrocede tras taladrar para desahogar la viruta generada. En el estado M2.2 para que la unidad de mecanizado se posicione en la posición de reposo al no estar en condiciones iniciales. También se activa en el estado M2.3 del mecanizado manual cuando el operador pulsa los botones correspondientes de la pantalla manual.

4.4.2 PROGRAMACIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA

En este apartado se describe la programación desarrollada en el variador de frecuencia para que el funcionamiento del sistema sea el deseado. El variador de frecuencia utilizado en el puesto de laboratorio es el modelo MM420 de la firma Siemens. La programación se puede realizar de dos formas diferentes: desde el panel de operador básico BOP del variador de frecuencia o desde el ordenador mediante el software STARTER. Si se realiza desde el panel BOP se programa mediante la configuración de los diferentes parámetros que tiene el variador de frecuencia. Desde estos parámetros se pueden configurar diferentes aspectos del funcionamiento del variador de frecuencia. En este caso se ha optado por realizar la programación desde el ordenador, debido a que

el software STARTER posee una interfaz grafica intuitiva y se pueden modificar los mismos parámetros que desde el panel de operador BOP.

Para la programación del variador de frecuencia MM420 es necesaria la conexión de este dispositivo con el ordenador. La conexión se realiza mediante el protocolo RS485 entre la tarjeta instalada en el ordenador y el puerto 485 que posee el variador de frecuencia. La configuración de esta conexión se ha detallado en capítulos anteriores. Después de configurar los parámetros referentes al tipo de dispositivo y motor utilizados se inicia la programación del variador de frecuencia.

Atendiendo a las especificaciones de la aplicación a implementar la programación de este dispositivo se centra en suministrar un sentido de giro u otro al motor y los valores de la señal analógica del PLC. Además, se debe programar las rampas de subida y bajada hasta alcanzar la frecuencia objetivo y el tipo de curva a la que se ajustaran estas rampas.

El primer paso de la programación es indicar el control del dispositivo, es decir, la función de las entradas digitales. Para ello se accede desde la ventana del árbol terminal haciendo doble clic. A continuación, en la pestaña entradas digitales, se debe configurar de la siguiente forma. La fuente de control debe ser terminal, para que sea controlado mediante las señales digitales RK2 y RK3. La entrada digital 1 (RK2) debe activar o desactivar el motor y la entrada digital 2 (RK3) debe suministrar al motor el sentido inverso de giro. La ventana de esta configuración queda de la siguiente forma:

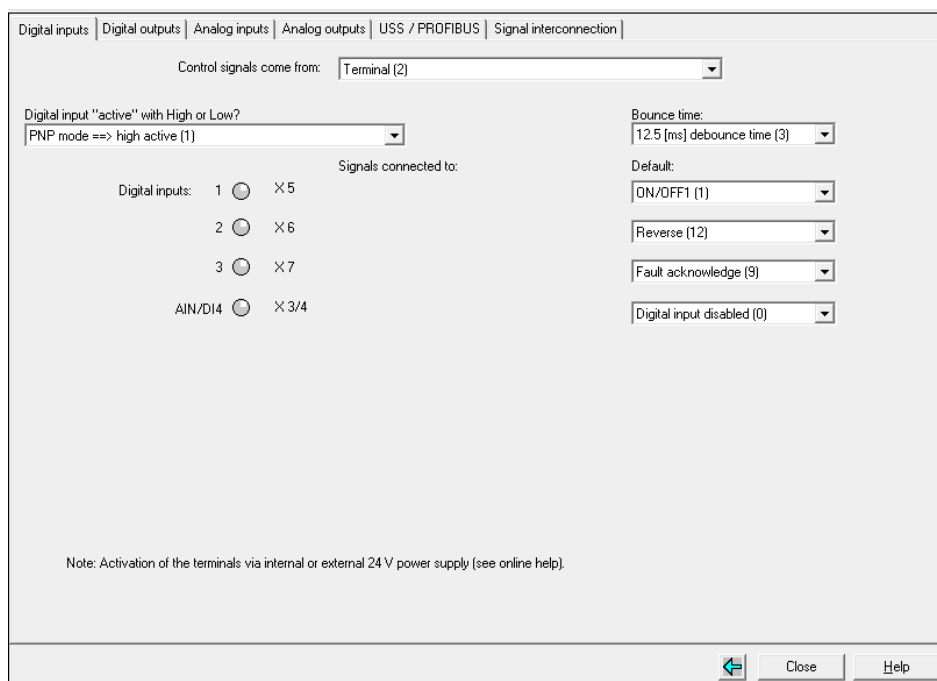


Figura 4.18. Señales de control y función entradas digitales variador de frecuencia.

El siguiente paso, es configurar la respuesta a la señal analógica, que indica la frecuencia de uso. Se configura desde la misma ventana Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

anterior pero desde la pestaña entradas analógicas. Se debe programar para una entrada unipolar de voltaje, con el rango de entrada 0-10 voltios.

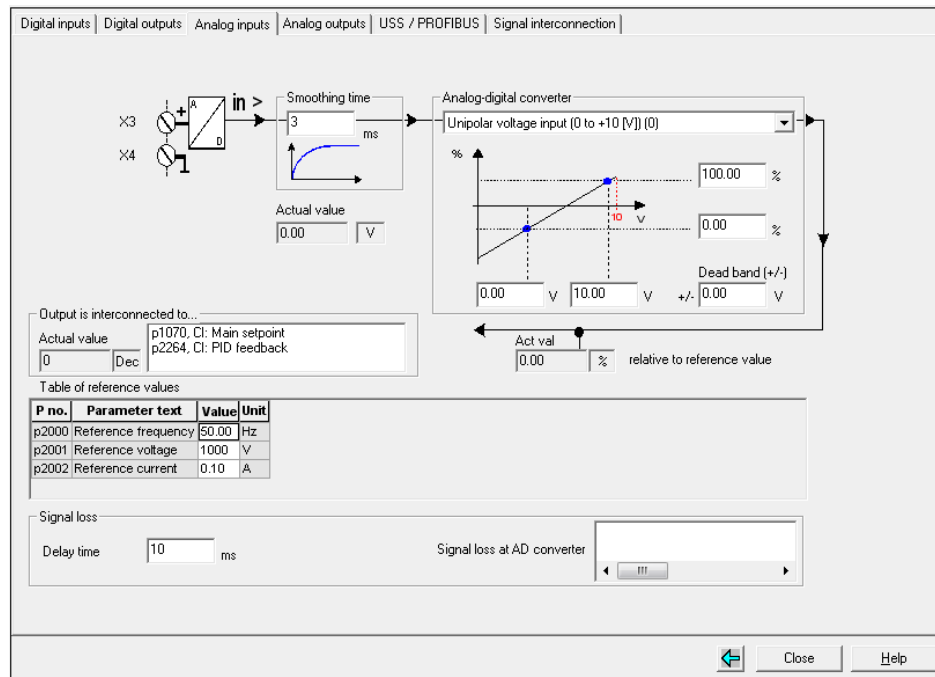
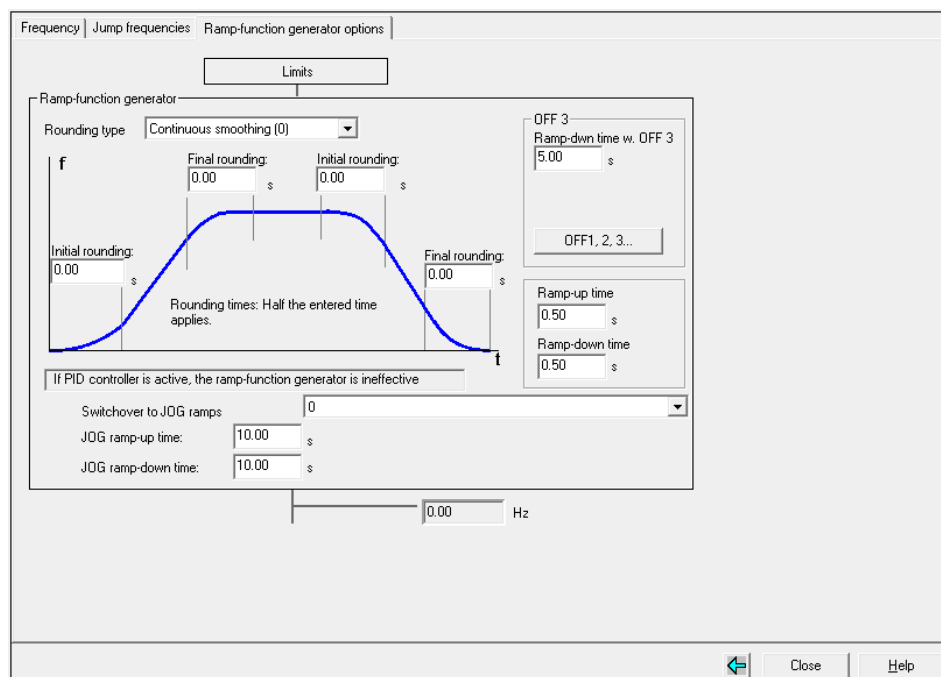


Figura 4.19. Rango de voltaje de entrada analógica del variador de frecuencia.

A continuación, se ha programado la curva de frecuencia utilizada y los aspectos referentes a ella. Esta programación se realiza desde la ventana límites del árbol del proyecto. Accediendo a la pestaña de opciones de función, se programa la función voltaje-frecuencia que sigue el variador de frecuencia. Debe ser una función continua con las rampas de subida y bajada de 0,5 segundos.



Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

Figura 4.20. Curva característica Voltaje-Frecuencia variador de frecuencia.

Con estas opciones, ya está programado el variador de frecuencia para que su funcionamiento se ajuste a las especificaciones de la aplicación implementada. Cuando el sistema se encuentra en funcionamiento y el variador de frecuencia se encuentra en modo online desde la aplicación STARTER se puede visualizar el funcionamiento del mismo en todo momento. Esta información aparece en las ventanas diagnósticos y panel de control.

Por otro lado, el variador de frecuencia tiene incorporado un panel de operador básico llamado BOP. Desde este panel también se puede configurar y programar el funcionamiento del dispositivo. La programación desde el panel de control se realiza modificando una serie de parámetros, que se corresponde con las especificaciones que se han realizado anteriormente.



Figura 4.21. Panel de operador básico BOP.

Existen dos tipos de parámetros, de lectura, precedidos de la letra -r-; y los escritura, precedidos por la letra -P-. En la siguiente lista se detalla la función de los parámetros de lectura más relevantes:

- r0021 : Frecuencia real
- r0024 : Frecuencia de salida real
- r0025 : Tensión de salida
- r0027 : Corriente de sal. real
- r0034 : Temperatura del motor (i2t)
- r0036 : Registro de sobrecarga
- r0037 : Temperatura convertidor [°C]
- r0039 : Cont. consumo energía [kWh]
- r0722 : Estado entradas digitales

4.4.3 PROGRAMACIÓN PANEL TÁCTIL

En este apartado se describe la programación desarrollada en el Panel Táctil implementada para el correcto funcionamiento del sistema. Como se detalló en capítulos anteriores la programación del Panel Táctil TP170A se realiza en otro documento aparte. En este apartado se describe en líneas generales la programación, indicando los aspectos más importantes de este dispositivo y en el intercambio de datos con el autómatas programable.

La programación del panel de operador se ha realizado mediante el software WinCC Flexible. Esta herramienta posee una interfaz gráfica que facilita la programación del Panel Operador. Principalmente la programación se limita a la creación de pantallas, cuadros de texto y botones para realizar diferentes acciones.

En el Capítulo 3 de este documento se ha descrito la configuración, centrada en indicar en el proyecto de WinCC el tipo de dispositivo y las conexiones con otros elementos.

En este apartado se describe la creación de las diferentes pantallas y los elementos necesarios en cada una de ellas. La programación se realiza insertando objetos y/o elementos que formarán la pantalla que se visualizará en el panel de operador. Una vez que desde el asistente se ha creado un proyecto en base a los requisitos del sistema aparece la siguiente pantalla en el WinCC:

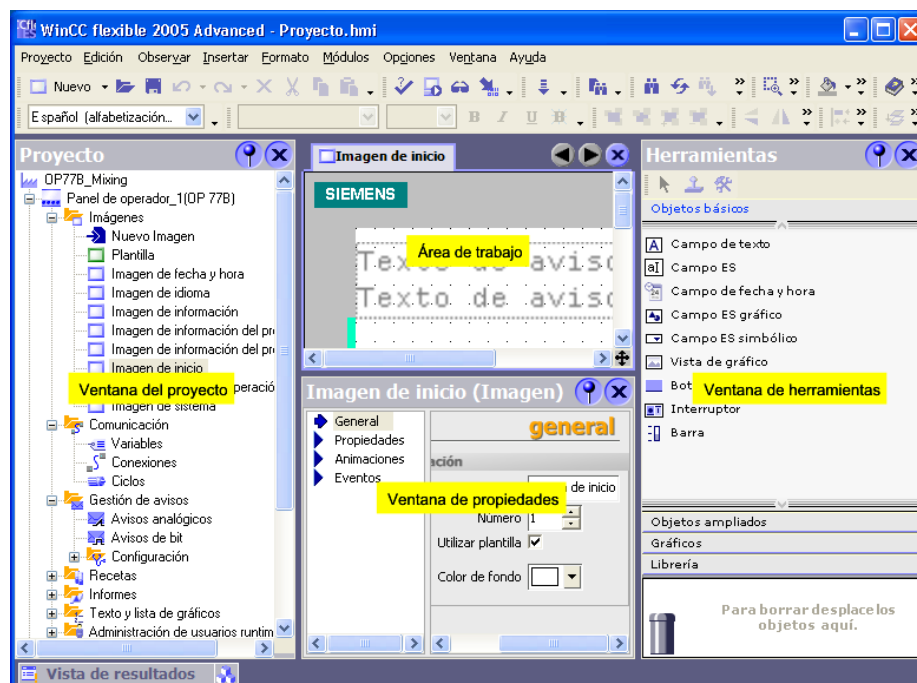


Figura 4.22. Estructura del proyecto WinCC.

En la anterior imagen se observa la estructura del proyecto realizado en el panel de operador. Está dividido en cuatro ventanas o áreas:

- **Área de trabajo.** En esta ventana se editan todos los objetos del proyecto. Esta es la imagen que se visualizara en el panel de operador.
- **Ventana del proyecto.** Está formada por un árbol en el que se encuentran todos los componentes y editores. Desde esta ventana se puede acceder a las propiedades del proyecto y a la configuración del panel de operador.
- **Ventana de propiedades.** Desde esta ventana se editan las propiedades de los diferentes objetos, por ejemplo, color, animaciones,...
- **Ventana de herramientas.** En esta ventana se encuentran los diferentes objetos o elementos que podemos insertar en las imágenes.

El primer paso que se realiza es la creación de una plantilla a partir de la cual se programan las diferentes pantallas del panel de operador. La plantilla implementada es la siguiente:



Figura 4.23. Plantilla de imágenes.

Esta plantilla está formada por una imagen de fondo con el logo de la universidad. No se ha insertado ningún otro objeto ya que cada una de las pantallas es diferente y no hay ningún objeto que sea común a todas las pantallas.

En total se han programado seis pantallas o imágenes como se nombran en WinCC Flexible. Las pantallas son: Inicio, Menú principal, Proceso, Manual, Velocidades y Tiempos.

Para crear una nueva imagen o pantalla se hace desde la ventana de proyecto dando doble clic en Imágenes o mediante el botón secundario del ratón. A continuación, se la cambia el nombre para poder ser identificada posteriormente. Una vez creadas todas las pantallas del proyecto aparecen dentro de la pestaña imágenes cada una con su nombre y desde aquí podemos acceder a ellas y modificarlas.

En los siguientes apartados se detallan cada uno de los elementos implementados en las diferentes pantallas del panel de operador.

- **Variables**

El primer paso para la configuración de cada una de las pantallas es la creación de variables que serán usadas por el panel de operador. Pueden ser de dos tipos: Internas, son usadas de forma local por el panel de operador y no tienen conexión con otros dispositivos; Externas, estas variables tienen conexión con otros dispositivos, en este caso el PLC, y son utilizadas y/o modificadas por ambos dispositivos. Las variables se crean desde la pestaña comunicación de la ventana de proyecto.

Las variables creadas aparecen en una tabla que incluye una serie de campos. Las variables externas deben ser configuradas con el mismo tipo de dato y dirección que se ha creado en el autómata. A continuación se expone una tabla con todas las variables creadas en el panel operador, acompañadas con una breve descripción de cada una.

ENTRADAS DIGITALES			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
PSE	I 124.0	BOOL	Pulsador de servicio
PPA	I 124.1	BOOL	Selector principal
PMA	I 124.2	BOOL	Pulsador de marcha
PRM	I 124.3	BOOL	Pulsador de rearme
AUT	I 124.4	BOOL	Selector automático/manual
PRS	I 124.5	BOOL	Pulsador de reset
PEM	I 124.6	BOOL	Seta de emergencia
UMR	I 124.7	BOOL	F. carrera reposo unidad mecanizado
UMD	I 125.0	BOOL	F. carrera desahodo viruta
UMF	I 125.1	BOOL	F. carrera fin desplaz. unidad mecanizado
TP	I 125.2	BOOL	Detector trabajo cilindro pisador
RP	I 125.3	BOOL	Detector reposo cilindro pisador
SP	I 125.4	BOOL	Detector control presencia de pieza
NA	I 125.5	BOOL	Estado termico del motor
	I 125.6	BOOL	
KE1	I 125.7	BOOL	Estado del modulo de seguridad

Tabla 4.6. Entradas digitales Panel de operador.

SALIDAS DIGITALES Y MARCAS			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
HS	Q 124.0	BOOL	Luz de servicio
HM	Q 124.1	BOOL	Luz de marcha
HR	Q 124.2	BOOL	Luz de rearme
HRST	Q 124.3	BOOL	Luz de reset
H_REP	Q 124.7	BOOL	Led reposo
N	Q 125.0	BOOL	Led indicación fin desahogado
K	Q 125.1	BOOL	Led realizado taladro 1
L	Q 125.2	BOOL	Led realizado taladro 2
M	Q 125.3	BOOL	Led realizado taladro 3
Reset	M4.0	Marca	Reset numero de piezas
EVH_M	M4.1	Marca	Led retroceso cilindro pisador manual
EVG_M	M4.2	Marca	Led avance cilindro pisador manual
H_MG_M	M4.3	Marca	Led motor giro broca manual
AVANCE	M4.4	Marca	Avance o retroceso manual
RM1_M	M4.5	Marca	Contactador alimentación del motor manual
RK2_M	M4.6	Marca	Giro variador manual
H_MD_M	M4.7	Marca	Led movimiento motor desplazamiento manual

Tabla 4.7. Salidas digitales y marcas Panel de operador.

BLOQUES DE DATOS			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
Aviso_servicio	DB 12 DBW 0	INT	Variable para guardar los avisos de servicio
Piezas	DB 10 DBW 0	INT	Contador de piezas
Temporizador	DB 10 DBW 2	TIMER	Temporizador 1. Valor por defecto
Temporizador_1	DB 10 DBW 4	TIMER	Temporizador 1. Valor actual
Temporizador_2	DB 10 DBW 6	TIMER	Temporizador 2. Valor por defecto
Temporizador_3	DB 10 DBW 8	TIMER	Temporizador 2. Valor actual
V MOT1	DB 14 DBW 0	INT	Velocidad del motor manual
V MOT2	DB 14 DBW 2	INT	Velocidad del motor avance
V MOT3	DB 14 DBW 4	INT	Velocidad del motor trabajo
V MOT4	DB 14 DBW 6	INT	Velocidad del motor retroceso
V MOTA	DB 14 DBW 8	INT	Velocidad del motor actual

Tabla 4.8. Bloques de datos Panel de operador.

Como se observa en las anteriores tablas de variables estas son idénticas a las declaradas en la programación del PLC. Las entradas digitales son exactamente las mismas que las utilizadas en el autómata programable, siendo sus tipos de datos booleanos. Por el contrario, en las salidas digitales no ha sido necesaria la creación de todas las que forman parte del sistema. Como el dispositivo maestro del sistema es el PLC, este es el que se encarga de modificar los diferentes estados de cada una de las salidas digitales. Solo se han incluido las salidas que hacen referencia a los diferentes leds indicativos del proceso. Además, se han declarado las mismas marcas implementadas para el ciclo de mecanizado manual y la marca para el reset del contador de piezas (M4.0...7). Por último, se han declarado los diferentes bloques de datos utilizados para el control y visualización del proceso.

- **Campos de entrada y salida**

Una vez creadas las variables del panel de operador el siguiente paso es la creación de los campos de entrada y salida que formaran parte de cada una de las pantallas. Estos campos son utilizados para visualizar y/o modificar valores. En este caso, los campos de entrada y salida creados son los que hacen referencia a los temporizadores, velocidades del motor y contador de piezas.

Se pueden crear de dos formas: arrastrando una variable desde la ventana objeto hasta la imagen; o seleccionar el objeto “campo ES” desde la ventana herramienta y soltarla en la imagen.

Cuando ya esta insertado el campo ES se proceda a configurar el formato del campo. Desde la pantalla de

propiedades el mismo se asigna una variable al campo y posteriormente se ajustan el resto de propiedades: tamaño, formato, apariencia,...dependiendo de las especificaciones de cada uno de los campos creados. En las siguientes imágenes se observa la creación y configuración de uno de estos campos, en concreto del contador de piezas.

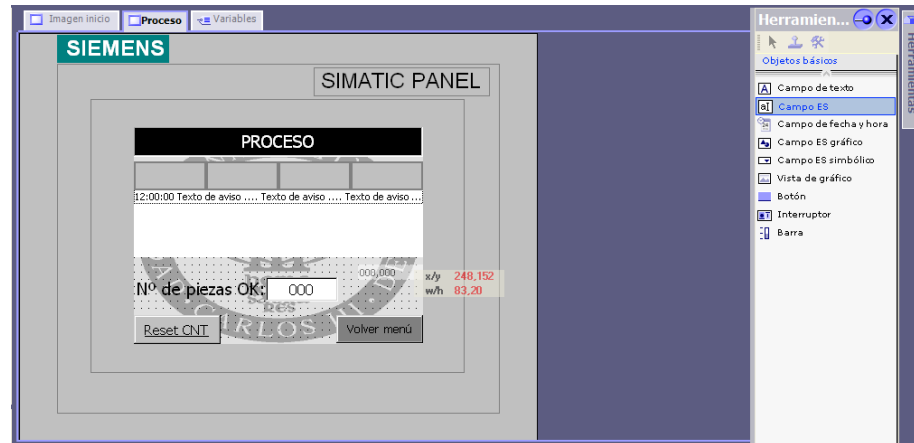


Figura 4.24. Creación de una variable desde la ventana de herramientas.

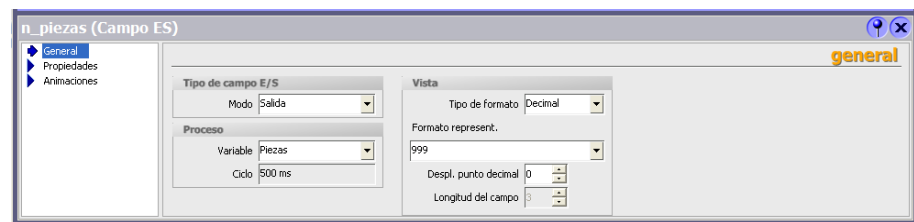


Figura 4.25. Ventana de propiedades de un Campo E/S.

Para manejar los campos de entrada se pulsa en la pantalla táctil del TP 170A, entonces aparece un teclado en pantalla. Ahora se introduce el valor deseado, observando que puede estar limitado y no se podrá introducir un valor fuera de los límites. Para confirmar la entrada del valor se pulsa el botón Enter o si se desea cancelar el botón ESC.

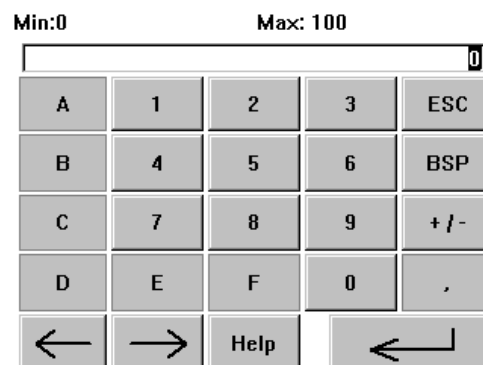


Figura 4.26. Teclado alfanumérico de un campo de entrada.

- **Campo de texto.**

Los campos de textos se han utilizado para incluir breves descripciones en cada una de las pantallas. Para crearlos se arrastran desde la ventana de herramientas hasta la imagen o pantalla. A continuación, en la ventana de propiedades de dicho campo se introduce el texto que se quiere que aparezca en la imagen.

Una vez insertado el campo este puede ser colocado en el lugar apropiado de la pantalla. Por ejemplo en la pantalla inicial se ha introducido un texto de bienvenida indicando las instrucciones necesarias para iniciar el sistema.

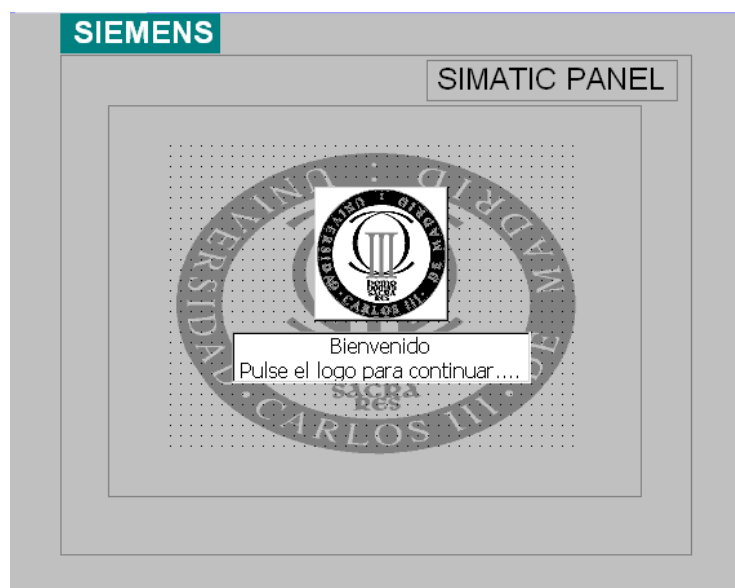


Figura 4.27. Pantalla inicial panel de operador.

- **Botón de comando de estados.**

Los botones de comando de estado se utilizan para realizar las diferentes acciones que se han implementado: cambiar de pantalla, activar alguna salida,... Se insertan desde la ventana de herramientas arrastrándolos hasta la imagen.

Pueden actuar como interruptor o pulsador dependiendo de las especificaciones de cada uno de ellos. El modo de funcionamiento de cada uno se elige desde la ventana de herramientas optando entre elemento botón o elemento interruptor.

La configuración se realiza desde la ventana propiedades en la parte de eventos. En las siguientes imágenes se observan los eventos que tiene cada uno de los dos tipos:

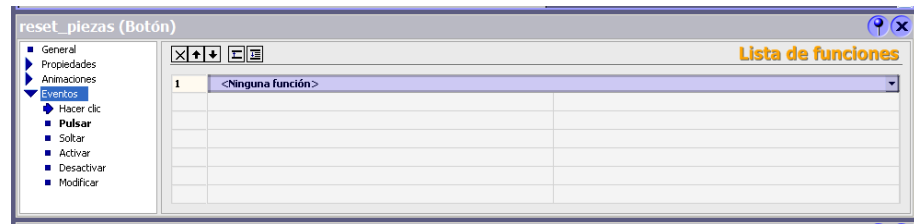


Figura 4.28. Eventos permitidos en un pulsador.

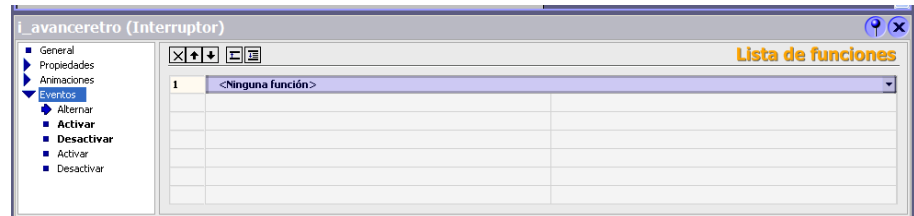


Figura 4.29. Eventos permitidos en un interruptor.

Una vez definido el comportamiento del botón, se asocian cada una las funciones necesarias para dar al panel de operador funcionalidad.

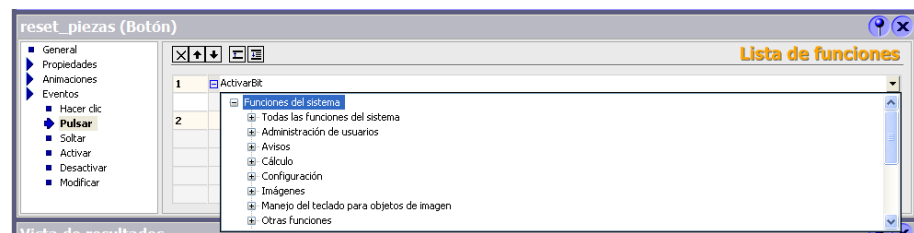


Figura 4.30. Lista de funciones del sistema del TP170A.

Después de selecciona una función del sistema se puede vincular esa función a una variable creada anteriormente, para que responda ante el evento configurado por medio de la comunicación con el autómat.

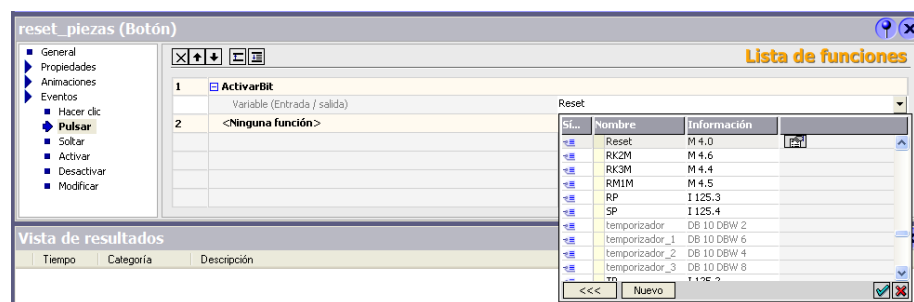


Figura 4.31. Vinculación de una función de sistema con una variable.

En las anteriores imágenes se ha creado el botón para resetear el contador de piezas. Se ha optado por un botón que al pulsarlo activa la marca M4.0. Cuando este evento sucede la programación del PLC realiza las operaciones necesarias para poner el contador de piezas a cero. En la pantalla manual se

han implementado diferentes botones de estado desde los cuales el operador tiene el control del proceso pulsando en cada uno de ellos.

- **Avisos.**

Los avisos sirven para visualizar los estados del proceso, así como para registrar y protocolizar en el panel de operador los datos de proceso que se hayan recibido del control. Los avisos pueden ser disparados por el propio panel (avisos del sistema) y por el sistema de control: autómata. Los avisos constan de los componentes siguientes:

- Texto de aviso. Contiene la descripción del mismo. Dicho texto puede contener valores actuales de variables o listas de texto.
- Numero de aviso. Sirve para referenciar los avisos y es univoco en los distintos tipos de avisos.
- Disparador del aviso. Es el elemento necesario para que salte el aviso correspondiente. En los avisos de bit es un bit de una variable y en los analógicos el valor limite de una variable.
- Clases de avisos. Hay tres tipos de avisos predefinidos en WinCC Flexible:
 - Alarma. Para avisos binarios y analógicos que indiquen estados operativos o estados del proceso críticos o peligrosos. Siempre deben ser acusados.
 - Evento. Para avisos binarios y analógicos que indiquen estados operativos, estados del procesos y procesos normales. No deben ser acusados.
 - System. Para avisos de sistema que informan acerca de los estados operativos del panel de operador y de los autómatas. Esta clase de aviso no se puede utilizar para avisos personalizados.

El panel de operador TP170A, solo permite configurar avisos de bit, ya que es uno de los modelos más bajos de la gama. Para configurar los avisos de bit en el panel se debe crear la variable que permita guardar los estados.

En este caso se han creado una serie de avisos de servicio, que desde la pantalla de proceso informa al operador del sistema el estado del mismo. Los avisos de servicio están almacenados en el bloque de datos DB12, y son los siguientes:

BLOQUE DE DATOS DB12			
SIMBOLO	DIRECCION	TIPO DATO	COMENTARIO
Aviso servicio 0	DB12.DBX1.0	BOOL	Relé térmico disparado
Aviso servicio 1	DB12.DBX1.1	BOOL	Emergencia
Aviso servicio 2	DB12.DBX1.2	BOOL	Avance cilindro pisador
Aviso servicio 3	DB12.DBX1.3	BOOL	Avance unidad de mecanizado a velocidad ...rpm
Aviso servicio 4	DB12.DBX1.4	BOOL	Unidad de mecanizado taladro 1 a velocidad ...rpm
Aviso servicio 5	DB12.DBX1.5	BOOL	Fin taladro 1, retroceso a velocidad ...rpm
Aviso servicio 6	DB12.DBX1.6	BOOL	Unidad de mecanizado taladro 2 a velocidad ...rpm
Aviso servicio 7	DB12.DBX1.7	BOOL	Fin taladro 2, retroceso a velocidad ...rpm
Aviso servicio 8	DB12.DBX0.0	BOOL	Unidad de mecanizado taladro 3 a velocidad ...rpm
Aviso servicio 9	DB12.DBX0.1	BOOL	Fin taladro 3, retroceso a velocidad ...rpm
Aviso servicio 10	DB12.DBX0.2	BOOL	Esperando extracción de pieza
Aviso servicio 11	DB12.DBX0.3	BOOL	Esperando activación pulsador de Marcha
Aviso servicio 12	DB12.DBX0.4	BOOL	Esperando nueva pieza
Aviso servicio 13	DB12.DBX0.5	BOOL	Esperando activación pulsador de Servicio

Tabla 4.8. Bloque de datos DB12.

El primer paso para crear los avisos en el panel de operador es crear una variable y a continuación configurar el tipo de dato y la dirección del mismo.

Nombre	Conexión	Tipo de datos	Longitud	Dirección	Ciclo de adquis...	Comentario	Modo de
AUT	Conexión_1	Bool	0	I 124.4	500 ms	Selector automático/manual	Cíclico
aviso_servicio	Conexión_1	Int	2	DB 12 DBW 0	500 ms	Aviso servicio	Cíclico
EVGM	Conexión_1	Bool	0	M 4.2	500 ms	Led indicación avance cilindro pisador	Cíclico
EVHM	Conexión_1	Bool	0	M 4.1	500 ms	Led indicación retroceso cilindro pisador	Cíclico
F_carrera	Conexión_1	Bool	0	I 125.6	500 ms	Booleano or que indica que final de carrera está activado (UME Cíclico	Cíclico

Figura 4.32. Configuración de una variable para los avisos de bit.

A continuación, se crean los avisos de bit.

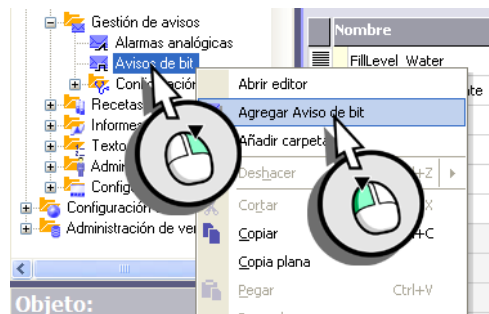


Figura 4.33. Creación de avisos de bit.

Ahora se tienen que configurar los avisos. Para ello hay que ajustar el número de bit, la variable de disparo, en este caso, la variable anteriormente creada, el texto que se mostrara en el panel y la clase de aviso. En este caso, los avisos de bit creados se configuran como una clase evento, ya que mostraran el mensaje configurado según se active el bit correspondiente al bloque de datos DB12.

Cuando se inserta el texto para configurar el aviso de bit, es posible añadir la lectura de una variable. En este caso, en algunos de los avisos de servicio se incluye la velocidad actual del motor, almacenada en la variable V_MOTA incluida en el bloque de datos DB14. Para incluir la variable se hace doble clic sobre el texto, y después, pulsar la pestaña y en la ventana que aparece introducir los valores oportunos.

Texto	Número	Clase	Variable de trigger	Número de bit
Relé térmico disparado !!!	1	Eventos	aviso_servicio	0
EMERGENCIA !!!	2	Eventos	aviso_servicio	1
Cilindro pisador en avance sujeta pieza	3	Eventos	aviso_servicio	2
Avance unidad de mecanizado a velocidad {<tag V_MOTA>}				3
Unidad de mecanizado para taladro 1 a velocidad {<tag V_MOTA>}				4
Fin taladro 1 desahogando, retirando unidad de mecanizado a velocidad {<tag V_MOTA>}				5
Unidad de mecanizado para taladro 2 a velocidad {<tag V_MOTA>}				6
Fin taladro 2 desahogando, retirando unidad de mecanizado a velocidad {<tag V_MOTA>}				7
Unidad de mecanizado para taladro 3 a velocidad {<tag V_MOTA>}				8
Fin taladro 3 desahogando, retirando a posición de reposo a velocidad {<tag V_MOTA>}				9
Esperando la extracción de la pieza				10
Esperando orden mediante el pulsador de marcha	12	Eventos	aviso_servicio	11
Esperando colocación de nueva pieza a taladrar	13	Eventos	aviso_servicio	12
Esperando a accionar el pulsador de servicio	14	Eventos	aviso_servicio	13

Figura 4.34. Procedimiento para insertar un campo en un aviso de bit.

Una vez creados y configurados los avisos de servicio se deben incluir en la pantalla oportuna. Para ello se arrastra desde la ventana de herramienta la vista de avisos hasta la imagen. En este caso se inserta en la pantalla de proceso.



Figura 4.35. Proceso para agregar vista de avisos a una imagen.

Se configura la vista de avisos en la ventana de propiedades. Se define que en la vista de avisos se visualicen la clase de avisos Eventos.

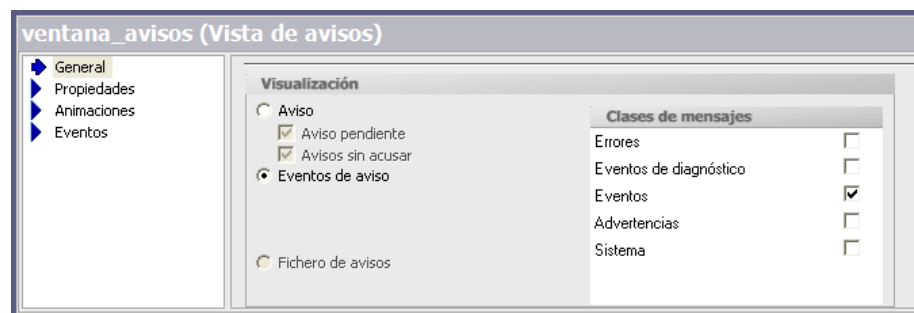


Figura 4.36. Propiedades de una ventana de avisos.

Además, en la ventana de propiedades se pueden configurar diversos parámetros para la visualización de los avisos. Por ejemplo, que aparezca la hora, fecha, estado y elegir que aviso se visualizara en la primera línea. En este caso, en las líneas de texto aparecen la hora y el texto del aviso y el primero que se visualiza es el más reciente.

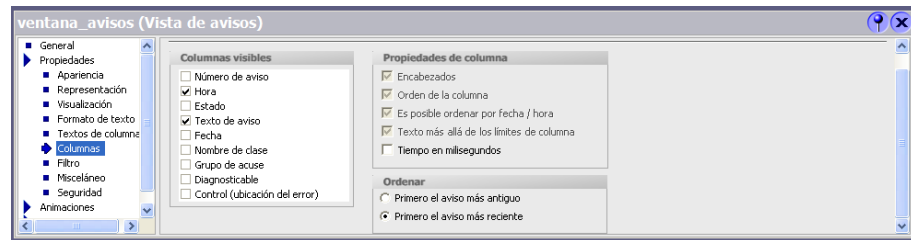


Figura 4.37. Opciones de visualización de los avisos.

- **Superficies de estado.**

Las superficies de estado son objetos que se insertan en las imágenes para indicar el estado de alguna variable. Para crearlos se inserta en la imagen un campo ES simbólico desde la ventana herramientas. Desde la ventana de propiedades del objeto se define el formato del campo y se le asocia una variable para que responda al estado del mismo. Por ejemplo, en la pantalla proceso se han creado cuatro superficies de estado, que indican diferentes estados del proceso del sistema. Uno de ellos informa cuando la maquina esta en servicio, cuando esta activa la variable HS se visualiza el texto SERVICIO, de lo contrario aparece vacío. En la siguiente figura se observa la configuración de esta superficie de estado.

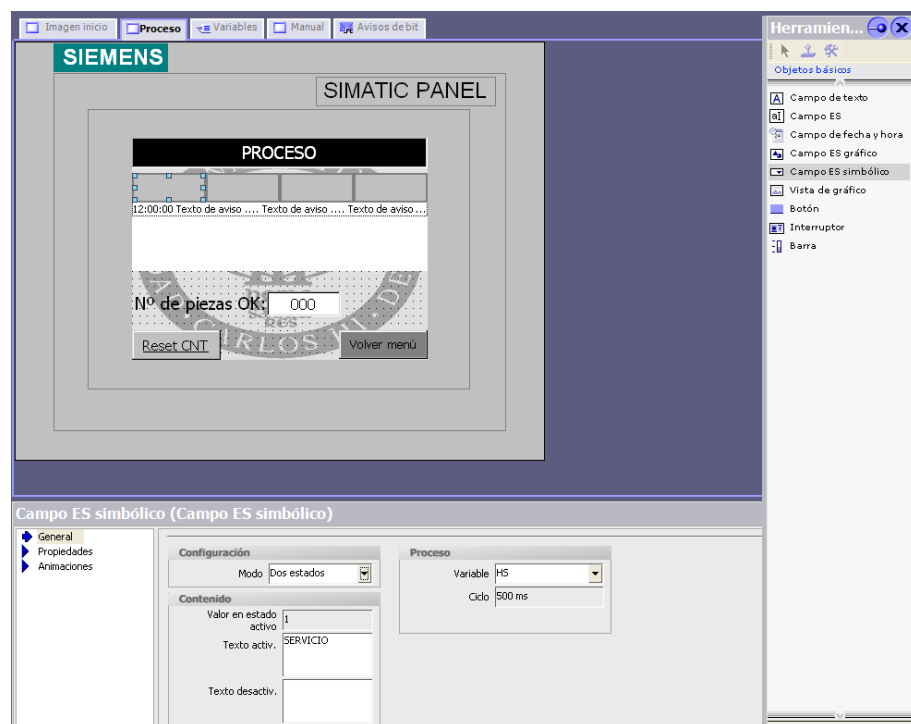


Figura 4.38. Superficies de estado del TP170A.

- **Navegación de imágenes**

Otro factor a tener en cuenta en la elaboración del panel de operador es la navegación entre las diferentes imágenes o Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

pantallas creadas. Para implementar la navegación desde el árbol de la ventana del proyecto se selecciona configuración del panel de operador. En esta ventana de configuración se define la imagen inicial, la cual aparece cuando se arranca el runtime del panel de operador.

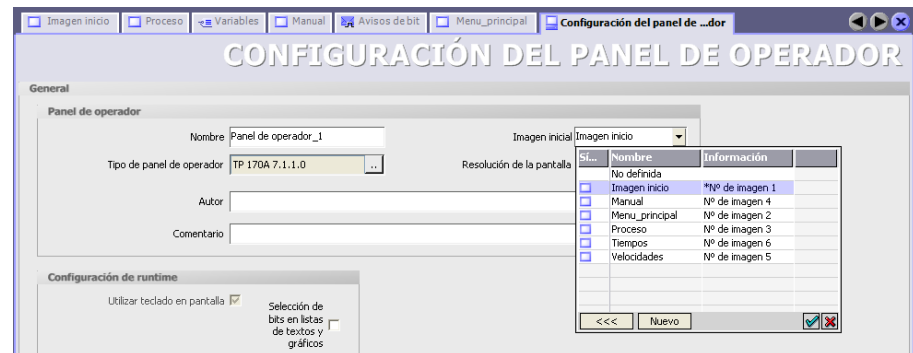


Figura 4.39. Configuración de la imagen inicial.

Después, en los botones que se quieren personalizar para actuar como botón de cambio de imagen, se realizan los ajustes en la ventana de propiedades del mismo, en la rama eventos. Se selecciona la función del sistema “ActivarImagen” y se asocia a la imagen a la cual se realiza el cambio en el campo “Nombre de imagen” que aparece a continuación de selecciona la función del sistema. En este caso, se ha insertado un botón similar en las pantallas Proceso, Manual, Tiempos y Velocidades con el texto “Volver al menú” que al pulsarlo se vuelve a la pantalla Menú Principal.

En los anteriores apartados se ha explicado cómo se crean y configuran cada uno de los objetos y elementos utilizados en la programación del panel de operador. A continuación se detallan las pantallas o imágenes creadas, así como, los elementos insertados en cada una de ellas.

En total, se han creado seis pantallas desde las cuales se visualiza el estado de la máquina y se tiene control de algunos parámetros de su funcionamiento. Las pantallas son: Pantalla Inicial, Menú Principal, Proceso, Manual, Velocidades y Tiempos. Se ha creado una plantilla que sirve como base para la creación de todas las pantallas, incluyendo una imagen con el logotipo de la universidad.



Figura 4.40. Plantilla de imágenes.

- **Imagen Inicial.**

La primera pantalla configurada es la imagen inicial, que se visualiza cuando se inicia la máquina. Esta pantalla sirve de bienvenida al operador e incluye un botón de comando de estado con el logotipo de la universidad que al activarlo se entra en el menú principal. También incluye un texto de bienvenida y las instrucciones para continuar.



Figura 4.41. Imagen inicial.

- **Menú Principal.**

Esta pantalla representa el menú principal del panel de operador y sirve para acceder a cada una de las pantallas.

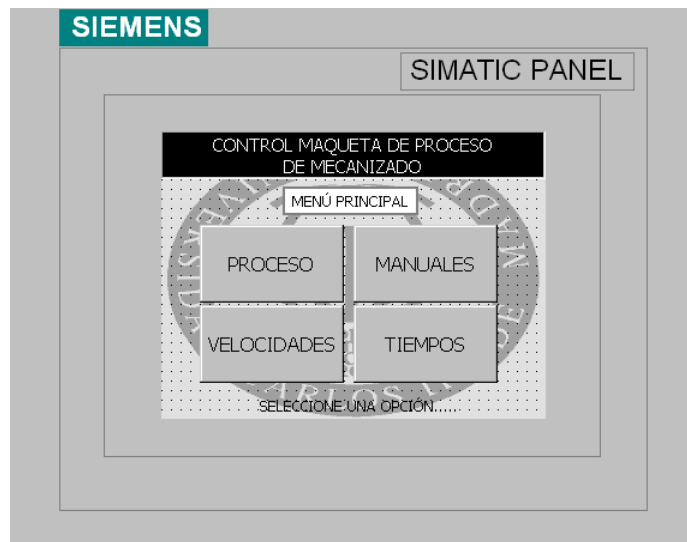


Figura 4.42. Pantalla MENÚ PRINCIPAL.

En esta pantalla se ha introducido un campo de texto con la inscripción: “Control Maqueta de Proceso de Mecanizado”, a modo de título del funcionamiento que tiene el panel de operador. También incluye otro campo de texto “Menú principal” como título de la pantalla y otro campo de texto que indica al operador que seleccione una opción. Aparte de los elementos descriptivos, incluye cuatro botones de estado que permiten la navegación a cada una de las pantallas del panel de operador.

- **Proceso**

La pantalla de proceso es la pantalla principal del panel de operador, ya que visualiza en todo momento el estado de la máquina. En el funcionamiento normal de la máquina, una vez configurados todos los procesos del mismo, en esta pantalla se visualizan los avisos de servicio que informan de lo que está realizando la máquina en todo momento.

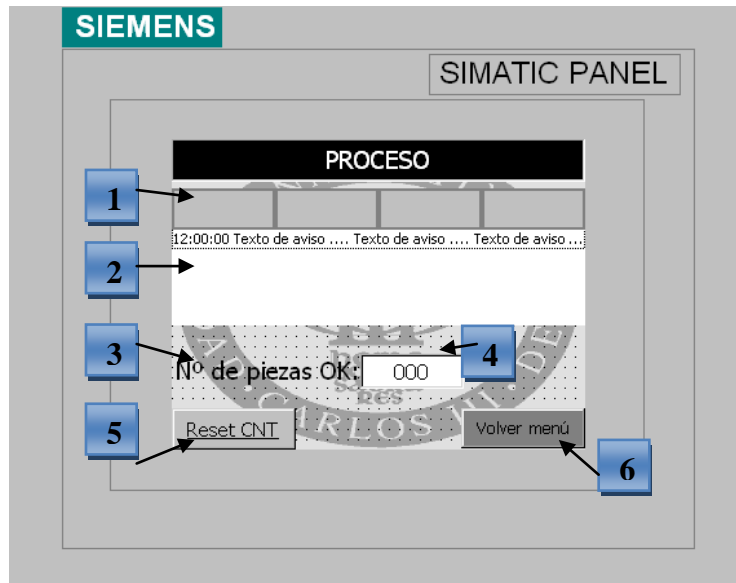


Figura 4.43. Pantalla PROCESO.

A continuación, se describen todos los objetos que componen esta pantalla:

1. Superficies de estado.

1.1. Servicio. Indica cuando la maquina se encuentra preparada para funcionar. Cuando la variable HS se encuentra activa aparece el texto servicio.

1.2. Marcha. Durante el proceso cuando se ha accionado el pulsador de marcha y comienza el proceso de mecanizado se visualiza el texto Marcha, esto sucede cuando la variable HM esta activada.

1.3. Rearme. Se observa el texto Rearme cuando el sistema se enciende o después de accionar la seta de emergencia. Indica al operador que debe pulsar el botón de rearme para que el sistema se rearme los dispositivos. Este texto se visualiza cuando la variable HR esta activada.

1.4. Reset. Esta superficie de estado muestra el texto reset cuando la maquina no se encuentra en condiciones iniciales, vinculada con la variable HRST.

Se puede observar, que el funcionamiento de estas superficies de estado es idéntico a las luces de los pulsadores de la puerta del armario eléctrico.

2. Ventana de avisos de servicio. En esta ventana se visualizan los avisos de servicio que informan al operador del funcionamiento y el estado del sistema. Aparece la hora a la que sucede y la descripción del aviso. Los avisos son los siguientes:

- 2.0. Relé térmico disparado!!
- 2.1. EMERGENCIA!!
- 2.2. Cilindro pisador en avance sujeta pieza.
- 2.3. Avance unidad de mecanizado a velocidad {Velocidad_actual} rpm
- 2.4. Unidad de mecanizado para taladro 1 a velocidad {Velocidad_actual} rpm
- 2.5. Fin taladro 1 desahogando, retirando unidad de mecanizado a velocidad {Velocidad_actual} rpm
- 2.6. Unidad de mecanizado para taladro 2 a velocidad {Velocidad_actual} rpm
- 2.7. Fin taladro 2 desahogando, retirando unidad de mecanizado a velocidad {Velocidad_actual} rpm
- 2.8. Unidad de mecanizado para taladro 3 a velocidad {Velocidad_actual} rpm
- 2.9. Fin taladro 3, desahogando y retirando a posición de reposo a velocidad {Velocidad_actual} rpm
- 2.10. Esperando la extracción de pieza
- 2.11. Esperando orden mediante el pulsador de marcha
- 2.12. Esperando colocación de nueva pieza a taladrar
- 2.13. Esperando a accionar el pulsador de servicio

Cabe recordar que los avisos de servicio se encuentran en el bloque de datos DB12 y que el campo {Velocidad_actual} hace referencia a la variable V_MOTA que se encuentra en la dirección DB14.DBW8 del bloque de datos DB14.

3. **Campo de texto.** Se ha introducido un campo de texto que indica el número de piezas correctamente taladradas.

4. **Campo de salida.** Situado al lado del anterior campo de texto visualiza el valor de la variable PIEZAS almacenada en la dirección DB10.DBW0 del bloque de datos DB10.

5. **Botón Reset.** Se ha configurado un botón que realiza el reset del contador de número de piezas. Está vinculado con la variable Reset (M4.0) que al pulsar este botón se activa y en la programación del autómatas programable se realiza la puesta a cero del contador de piezas.

6. **Botón Menú.** Este se ha configurado en las pantallas Proceso, Manual, Velocidades y Tiempos. Cuando se pulsa este botón se vuelve al menú principal.

- **MANUAL**

Esta pantalla ha sido configurada para que cuando se ha seleccionado el ciclo de mecanizado manual desde ella se tenga control absoluto sobre el proceso. Desde ella se controla

el cilindro pisador que sujeta la pieza, la velocidad del motor y la activación del mismo.

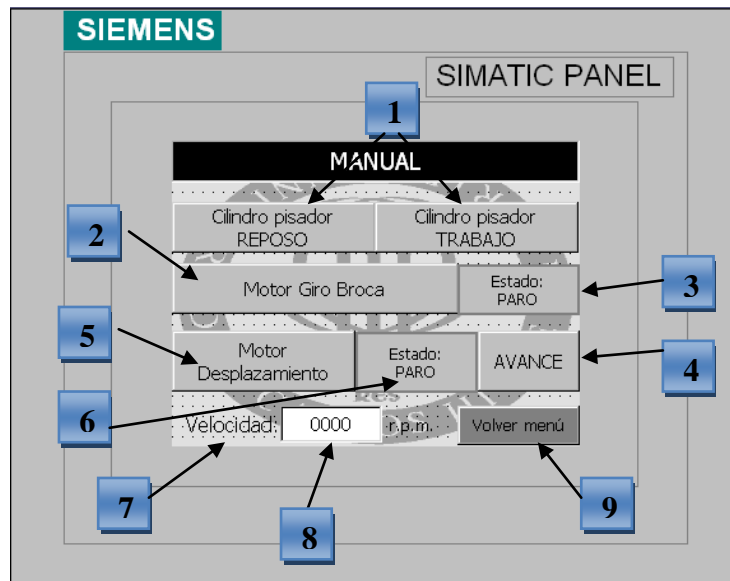


Figura 4.44. Pantalla MANUAL.

A continuación se realiza una descripción de todos los elementos que componen esta pantalla

1. **Botones cilindro pisador.** Se han insertado dos botones para controlar el avance y retroceso del cilindro pisador. Mientras se esté pulsando cualquiera de los dos botones el cilindro realiza la operación correspondiente. Como el panel de operador es monotáctil, se asegura que no se produzca un conflicto en el cilindro pisador al activar a la vez ambos botones. El botón RETROCESO realiza la función de retroceder el cilindro pisador, cuando se esté pulsando se activa la variable EVH_M (M4.1). El botón TRABAJO realiza la función de avance del cilindro pisador sujetando la pieza que va a ser mecanizada, Para ello se activa la variable EVG_M (M4.2). La programación del autómatas interpreta estas señales y realiza las operaciones oportunas.

2. **Botón motor giro broca.** Con este botón se activa el movimiento del motor de giro de la broca mientras se esté pulsando, activando la variable H_MG_M (M4.3)

3. **Superficie de estado.** Mediante esta superficie se informa del estado del motor de giro de broca. Tiene dos posibles estados que serán visualizados PARO y MARCHA. Está vinculada a la variable H_MG_M.

4. **Interruptor Avance/Retroceso.** Mediante este botón se elige el sentido de giro del motor, teniendo dos opciones:

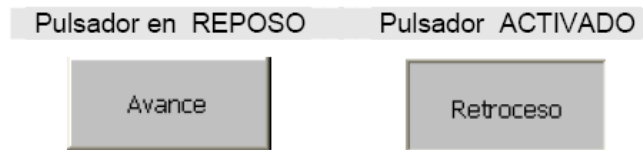


Figura 4.45. Interruptor de Avance/Retroceso.

Este pulsador está vinculado con la variable AVANCE (M4.4) de la siguiente forma: cuando se quiere que el motor avance la marca AVANCE se encuentra inactivada y cuando se quiere que el motor retroceda la marca se activa.

5. **Botón motor de desplazamiento.** Se ha configurado un botón para que mientras se esté pulsando, el motor de desplazamiento gire en un sentido o en otro según se haya indicado mediante el interruptor anterior. Este botón está vinculado con las variables RM1_M (M4.5) que activa el contactor, RK2_M (M4.6) que pone en marcha el motor y con el Led de señalización H_MD_M (M4.7). El estado de todas estas variables los interpreta el autómatas y actúa sobre las salidas necesarias para activar o desactivar el motor.

6. **Superficie de estado.** Mediante este objeto se informa del estado del motor, siendo estas PARO y MARCHA, dependiendo de si se está pulsando el botón anterior o no.

7. **Campo de texto.** Se ha insertado este objeto con los textos "Velocidad" y "rpm" para aclarar la información.

8. **Campo de entrada.** Mediante este campo el usuario puede introducir el valor para la velocidad con la que pretende que funcione el motor de desplazamiento. Está vinculado con la variable V_MOT1 del bloque de datos DB14. Desde esta pantalla solo se puede modificar la velocidad del ciclo de mecanizado manual, dejando intactas el resto de tipos de velocidades. Solo puede ser modificada cuando la maquina se encuentra en modo manual. Por seguridad se ha limitado el valor de entrada al rango 0-1350 rpm. Por defecto, tiene un valor de 200 rpm.

9. **Botón.** Al igual que en el resto de pantallas se ha introducido este botón para volver al menú principal.

• VELOCIDADES

Desde esta pantalla se modifican las velocidades que se utilizan durante el proceso de mecanizado en el ciclo

automático. Se modifican las velocidades de avance, trabajo y retroceso.

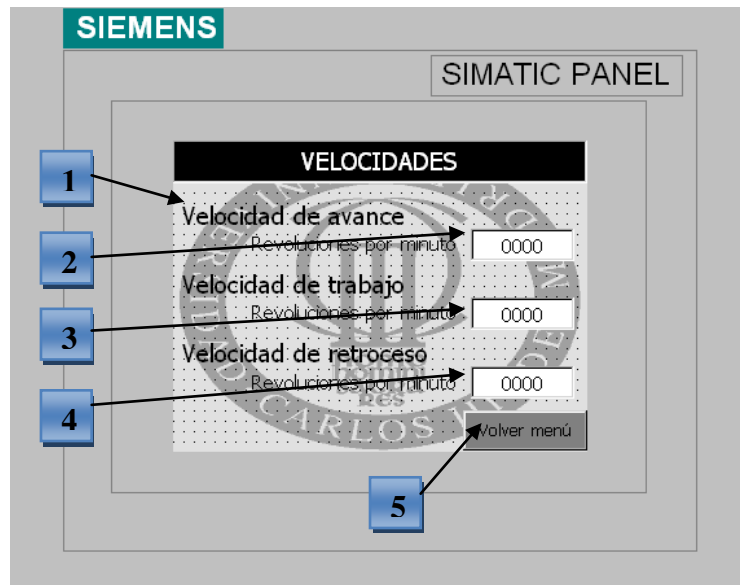


Figura 4.46. Pantalla VELOCIDADES.

1. **Campos de texto.** Se han introducido seis campos de texto que explican los contenidos de la pantalla.

2. **Campo de entrada.** Desde este primer campo de entrada se modifica el valor de la velocidad de avance. Esta velocidad es la que tiene el motor cuando se aproxima a alguna posición. Se modifica la variable V_MOT2 del bloque de datos DB14. Por defecto, el valor es de 900 rpm.

3. **Campo de entrada.** Este campo se ha introducido para modificar la velocidad de trabajo, que es la utilizada cuando la broca esta taladrando la pieza. Está vinculado con la variable V_MOT3 del bloque de datos DB14. Tiene una precarga de 450 rpm.

4. **Campo de entrada.** Este último campo de entrada se ha insertado para introducir el valor de la velocidad de retroceso. Como su propio nombre indica, se utiliza cuando la unidad de desplazamiento retrocede hacia las posiciones de desahogo y reposo. Se modifica la variable V_MOT4 del bloque de datos DB14. Su valor por defecto es de 1350 rpm.

Nota.- Por seguridad se ha limitado la entrada de estos tres campos. Se ha configurado para que los valores no sobrepasen los límites entre 0 y 1350 rpm.

5. **Botón.** Como en el resto de pantallas desde este botón se retrocede al menú principal.

• TIEMPOS

Esta pantalla ha sido creada para que el usuario modifique los tiempos de taladro del proceso de mecanizado en el ciclo automático. Como se explico anteriormente el mecanizado de la pieza se realiza en tres taladros sucesivos para desahogar la viruta producida, debido a la profundidad de la pieza. Los dos primeros esta determinados por tiempo y el ultimo por un final de carrera que marca la profundidad final del taladro. Desde esta pantalla se modifican los dos primeros.

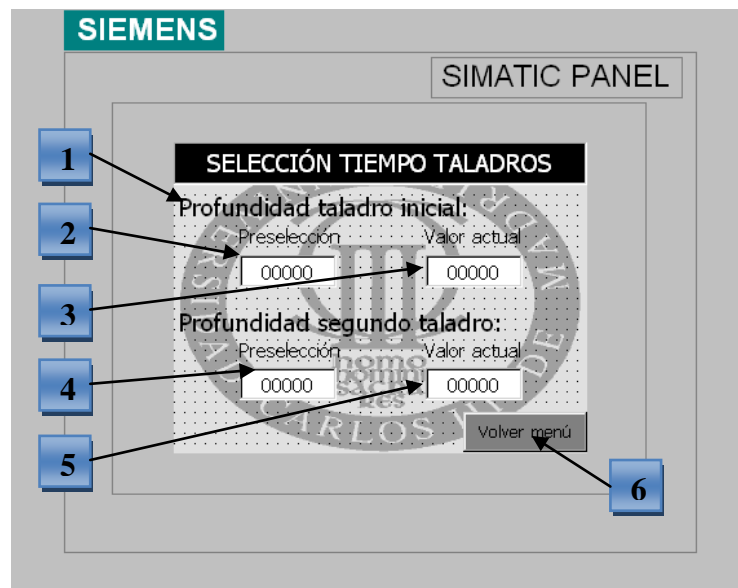


Figura 4.47. Pantalla TIEMPOS.

Los objetos que componen esta pantalla son los siguientes:

1. **Campos de texto.** Se han diseñado varios campos de texto descriptivos para la comprensión de la pantalla.

2. **Campo de entrada.** Desde este campo se introduce el límite del temporizador 1 que indica la profundidad del primer taladro. Se modifica la variable temporizador del bloque de datos DB10. Por defecto este primer taladro dura 5 segundos.

3. **Campo de salida.** En este campo se visualiza en segundos el valor actual del temporizador 1, cuando se está realizando el primer temporizador. La variable con la que está vinculado es temporizador2 del bloque de datos DB10.

4. **Campo de entrada.** Desde este otro campo el usuario modifica el valor del temporizador_1 del proceso de mecanizado automático. Este valor limita la profundidad del segundo taladro. Modifica el valor de la variable temporizador_2 del bloque de datos DB10. Por defecto, este temporizador tiene un valor de precarga de 10 segundos. Por lógica, este valor tiene que ser mayor que el del primer taladro, ya que este taladro se realiza

después del primero y empezara a mecanizar transcurrido el tiempo definido en el primer taladro.

5. **Campo de salida.** Desde este último campo se visualiza el valor actual del temporizador 2 en segundos. La variable vinculada a este campo de salida es temporizador_3 del bloque de datos DB10.

6. **Botón.** Este botón es idéntico al de pantallas anteriores, se ha insertado para volver al menú principal.

Nota. Por seguridad, la entrada de valores de ambos temporizadores se ha limitado al rango 0-20 segundos. Además, en la programación del autómata, se ha introducido otra medida de seguridad. Si cuando se está realizando alguno de los dos primeros taladros, la unidad de desplazamiento es detectada por el final de carrera UMF, se detiene el avance del motor y la unidad de desplazamiento retrocede y continúa el proceso de mecanizado.

CAPÍTULO 5

Manuales de uso.

5.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo ha sido redactado para proporcionar un manual de uso del puesto de laboratorio, tanto para alumnos como para profesores. El manual de uso de los alumnos consta de una introducción, descripción de componentes, entradas y salidas del sistema y por ultimo de un enunciado de las actividades a realizar por los alumnos. El manual de uso para el profesor tiene la misma estructura que el anterior incluyendo indicaciones específicas y la solución a los ejercicios planteados.

5.2 MANUAL DE USO DE ALUMNOS

1. INTRODUCCIÓN

El puesto de mecanizado está compuesto por un autómatas, un panel táctil y un variador de frecuencia, alojados en el armario; y una maqueta, que representa la herramienta de mecanizado y un motor.

El objetivo del presente puesto es programar los elementos para que se realice el proceso de mecanizado. A través del panel táctil el usuario puede monitorizar el proceso de mecanizado, observando que parte del proceso automático se está realizando, la velocidad del motor en cada instante. Además, desde el panel se pueden modificar las velocidades del motor y el tiempo de cada uno de los taladros. Por otra parte el usuario puede realizar el proceso manual, pulsando en el panel activará las salidas adecuadas: movimiento del cilindro pisador, modificar la velocidad del motor, activar el motor tanto en avance como en retroceso.



-Figura 1. Puesto de mecanizado-

2. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

El puesto de mecanizado está formado por los siguientes componentes: Armario Eléctrico, PLC, Micromaster 420 (variador de frecuencia), Panel Operador 170A, Maqueta de Mecanizado y Motor.

2.1 Armario Eléctrico

En el Armario Eléctrico se encuentran el PLC, Micromaster 420, Panel Operador y pulsadores para el control del proceso. Además, en el armario se encuentran los interruptores diferenciales, relés y cableado que dan alimentación a los diferentes componentes.

En la puerta del armario se encuentran todos los pulsadores, selectores y el panel táctil. Los pulsadores son los siguientes:

- Selector principal: Es el encargado de encender y apagar el mecanizado.

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

- Selector automático-principal: Para seleccionar si queremos el proceso manual o automático.
- Pulsador de emergencia: Seta de emergencia para desactivar el proceso en caso de emergencia.
- Pulsador de Servicio: Pulsador para poner el sistema en servicio el sistema.
- Pulsador de Rearme: Para devolver la alimentación al sistema tras una parada de emergencia o tras la activación de la maquina tras el selector principal.
- Pulsador de Reset: Pulsador para colocar los elementos en condiciones iniciales.
- Pulsador de Marcha: Pulsador para comenzar el proceso de mecanizado.



-Figura 2. Armario eléctrico-

2.2 PLC

El autómatas el elemento principal del sistema ya que se encarga de realizar el proceso de mecanizo. El autómatas está compuesto por la fuente de alimentación, CPU modelo 314C-2DP y los módulos de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas.

También tiene dos puertos de comunicaciones: un puerto MPI para la programación y visualización del PLC y para la comunicación por bus con otros elementos (panel operador) y un puerto Profibus.



-Figura 3. Autómata Siemens CPU 314C-2DP-

2.3 Micromaster 420

El variador de frecuencia MM420 es un dispositivo capaz de controlar diferentes parámetros de un motor. En este puesto lo que se quiere controlar es la velocidad del motor.

Con el MM420 se pueden configurar diferentes parámetros relativos al motor. Es capaz de reconocer automáticamente el motor que está conectado a él. Dispone de tres entradas digitales, una analógica, una salida analógica y otra por relé. Permite el control de diferentes tipos de motores: monofásicos, trifásicos, asíncronos, síncronos. Con unos rangos de tensión nominal desde 200 a 400 voltios y de potencia desde 0,12KW a 11KW.

El MM420 realiza una regulación Tensión-Frecuencia, recibe por la entrada analógica un valor de tensión (0-10 voltios) y dependiendo de la regulación configurada proporciona una frecuencia al motor. Los distintos tipos de regulación que puede realizar son: FCC (regulación flujo-corriente), multipunto (U/f parametrizable) y característica lineal U/f.

Gracias a la gran cantidad de parámetros que puede controlar se puede realizar desde una aplicación básica hasta una aplicación avanzada.

En el apartado de comunicaciones MM420 posee diferentes posibilidades. En este caso la comunicación con el PLC se realiza entre una salida analógica del PLC y la entrada analógica del Micromaster. También cuenta con un puerto RS485 para la comunicación con el PC. Sin embargo existe un kit de conexión que permite la comunicación vía PROFIBUS. En este caso la comunicación se realiza por el puerto RS485 con una tarjeta PCI en el ordenador que proporciona dos puertos 485.

La programación se puede realizar a través del BOP (Panel Operador Básico), AOP (Panel Operador Avanzado) o mediante el PC y el software STARTER vía RS485. En este caso, el puesto cuenta con los dispositivos de comunicación BOP y el STARTER (PC). Se recomienda hacer la programación con el STARTER, ya que posee una interfaz sencilla y clara, que permite configurarlo gráficamente y se puede monitorizar el funcionamiento. Si se realiza con el BOP hay que cambiar gran cantidad de parámetros manualmente y resulta más complicado.



-Figura 4. Micromaster 420, BOP y AOP-

2.4 Panel Operador TP170 A

El Panel Operador es un dispositivo HMI (Interfaz Hombre-Máquina). Este panel táctil permite la visualización y control del funcionamiento del puesto. Posee dos puertos de comunicaciones: RS232 para la programación desde el PC y MPI para la comunicación con el PLC.

El panel TP170 contiene diferentes tipos de imágenes que permiten la navegación en el programa descargado desde el PC. Entre estas imágenes se encuentran: botones, interruptores, campos de texto, campos de E/S, barras,...



-Figura 5. Panel Operador TP170A-

2.5 Maqueta de Mecanizado

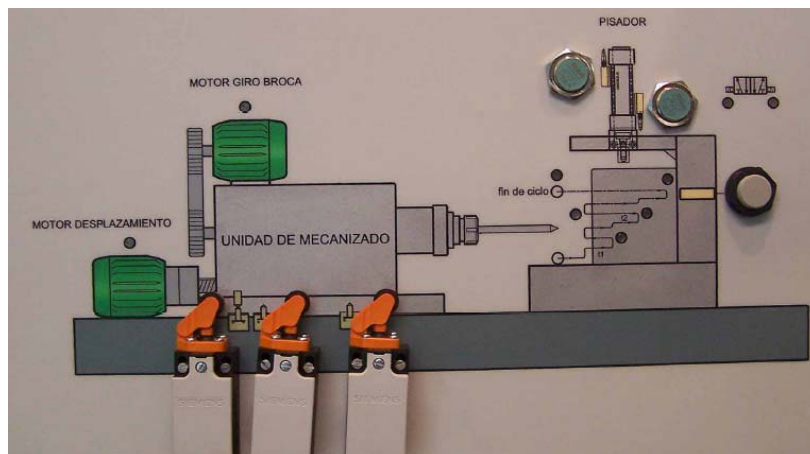
La maqueta de mecanizado representa la máquina de mecanizado, compuesta por los siguientes elementos:

- Sistema de desplazamiento y broca: Representa la unidad donde está el motor que realiza el movimiento de avance de la

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

unidad de mecanizado y de la broca. En la maqueta está representado por dos leds que indican el movimiento de motor desplazamiento y motor de giro de broca.

- Cilindro pisador. Es un cilindro que se ocupa de sujetar la pieza para realizar el taladro. Está compuesto por dos leds que indican el avance y el retroceso del cilindro y dos sensores de proximidad inductivos que indican la posición del cilindro (reposo, trabajo).
- Detector de presencia. Es un detector de presencia que detecta cuando está colocada una pieza para taladrarla.
- Micros de posición: Tres finales de carrera que indican en qué posición se encuentra la unidad de mecanizado: reposo, fin de desahogo, fin de desplazamiento.
- Lámparas de señalización del proceso: Son diferentes leds que indican el funcionamiento del proceso, son las siguientes:
 - Movimiento de unidad de mecanizado y giro de broca, anteriormente citadas.
 - Avance y retroceso del cilindro pisador, anteriormente citadas.
 - Leds de indicación de finalización de taladros 1, 2 y 3. Indican cuando se ha realizado cada uno de los taladros.
 - Led fin de desahogo broca. Indica cuando la broca ha desahogado tras un taladro.
 - Led fin de ciclo. Indica cuando se ha finalizado el ciclo de taladro.



-Figura 6. Maqueta de mecanizado-

2.6 Motor

El motor es el encargado del avance de unidad de mecanizado y del giro de la broca. Esta controlado por el variador de frecuencia. Es un motor monofásico de 120 W de potencia.



-Figura 7.Motor monofásico 120W-

2.7 Comunicaciones

Para el correcto funcionamiento del puesto de mecanizado todos los elementos de control se han cableado las siguientes comunicaciones:

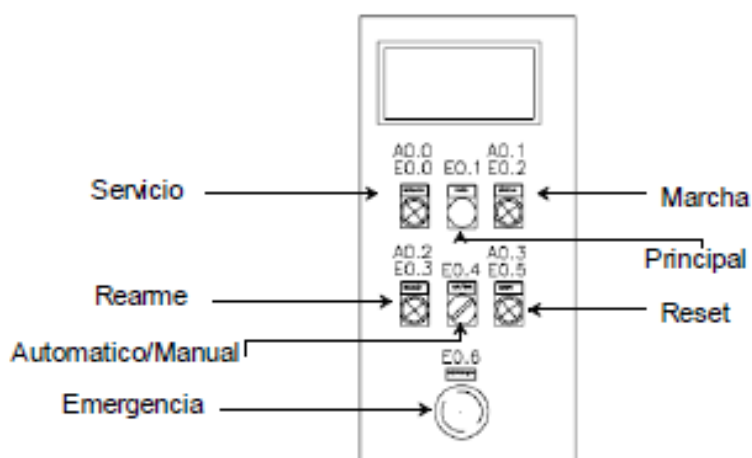
- PLC-Panel Operador. La comunicación entre el PLC y el Panel Operador se realiza a través del bus MPI conectado a ambos puertos MPI de los dos dispositivos.
- PLC-Micromaster 420. La comunicación entre estos dos dispositivos se realiza a través de la salida y entrada analógicas, respectivamente, y mediante las E/S digitales correspondientes.
- PLC-PC. Para poder programar y visualizar el PLC desde el ordenador se ha cableado la comunicación mediante MPI y con un PC-Adapter entre el puerto MPI del PLC y el puerto COM del PC.
- Panel Operador-PC. Para poder programar el Panel Operador se utiliza la comunicación por RS232 entre los puertos RS232 del panel y el puerto COM del PC.
- Micromaster-PC. Para la configuración y visualización del variador de frecuencia se usa la comunicación por RS485 entre el puerto 485 del Micromaster y el puerto de la tarjeta PCI instalada en el PC que proporciona dos puertos RS485.

3. ENTRADAS Y SALIDAS

A continuación se observa una representación de las entradas y salidas del puesto de mecanizado. También existe una tabla con la codificación de entradas y salidas a realizar en el proyecto.

3.1. E/S del Armario eléctrico

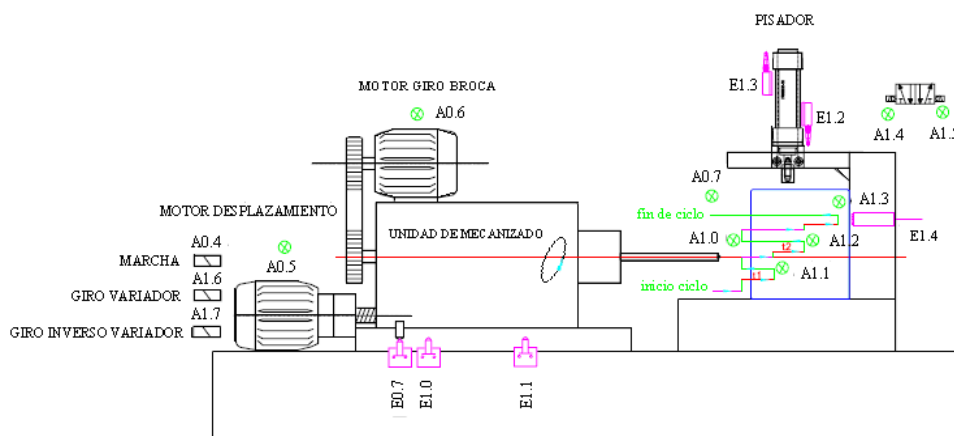
En el siguiente esquema se observa la asignación de las entradas y salidas correspondientes a la puerta del armario eléctrico, es decir, a los pulsadores.



-Figura 8. E/S armario eléctrico-

3.2. E/S de la Maqueta de mecanizado

En el siguiente esquema se observa la correspondencia de las entradas y salidas de la maqueta de mecanizado. En la maqueta se encuentran los sensores de proximidad y las lámparas de señalización.



- Figura 9. E/S maqueta de mecanizado-

3.3. Entradas Micromaster

Para controlar el motor se han cableado las siguientes entradas:

- Entrada digital 1
- Entrada digital 2
- Entrada analógica 1

3.4. Tablas codificación E/S

En la siguiente tabla se observa la codificación de las entradas digitales cableadas para el correcto funcionamiento del puesto de mecanizado.

ENTRADAS DIGITALES			
SIMBOLO	DIRECCION	TIPO DATO	COMENTARIO
PSE	E 124.0	BOOL	Pulsador de servicio
PPA	E 124.1	BOOL	Selector principal
PMA	E 124.2	BOOL	Pulsador de marcha
PRM	E 124.3	BOOL	Pulsador de rearme
AUT	E 124.4	BOOL	Selector automatico/manual
PRS	E 124.5	BOOL	Pulsador de reset
PEM	E 124.6	BOOL	Seta de emergencia
UMR	E 124.7	BOOL	F. carrera reposo unidad de mecanizado
UMD	E 125.0	BOOL	F. carrera desahogo viruta
UMF	E 125.1	BOOL	F. carrera fin desplaz. unidad mecanizado
TP	E 125.2	BOOL	Detector trabajo cilindro pisador
RP	E 125.3	BOOL	Detector reposo cilindro pisador
SP	E 125.4	BOOL	Detector control presencia pieza
	E 125.5	BOOL	
NA	E 125.6	BOOL	Estado térmico del motor
KE1	E 125.7	BOOL	Estado del modulo de seguridad

-Tabla 1. Codificación entradas digitales-

En esta tabla se representa la codificación de las salidas digitales oportunas para el funcionamiento del puesto.

SALIDAS DIGITALES			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
HS	A124.0	BOOL	Luz de servicio
HM	A124.1	BOOL	Luz de marcha
HR	A124.2	BOOL	Luz de rearme
HRST	A124.3	BOOL	Luz de reset
RM1	A124.4	BOOL	Contactador alimentación motor
H_MD	A124.5	BOOL	Led movimiento motor desplazamiento
H_MG	A124.6	BOOL	Led movimiento motor giro broca
H_REP	A124.7	BOOL	Led reposo
N	A125.0	BOOL	Led indicación fin desahogado
K	A125.1	BOOL	Led realizado taladro 1
L	A125.2	BOOL	Led realizado taladro 2
M	A125.3	BOOL	Led realizado taladro 3
EVG	A125.4	BOOL	Led indicación avance cilindro pisador
EVH	A125.5	BOOL	Led indicación retroceso cilindro pisador
RK2	A125.6	BOOL	Giro variador
RK3	A125.7	BOOL	Giro inverso variador

-Tabla 2. Codificación salidas digitales-

Por último, la codificación de la salida analógica para indicar al Micromaster la velocidad del motor.

SALIDAS ANALÓGICAS			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
V_MOT	PAW752	INT	Velocidad del motor de desplazamiento

-Tabla 3. Codificación salidas analógicas-

4. ENUNCIADO

El objetivo de este puesto es simular el mecanizado de un taladro no pasante, compuesto por una unidad de mecanizado y un cilindro pisador.

Se trata de realizar un taladro de un agujero no pasante según la figura 10; debido a la gran profundidad se debe hacer el taladro en tres pasadas, para poder desahogar la viruta producida evitando la rotura de la broca o un mal acabado superficial del taladro.

Para realizar el ejercicio pedido se deben programar y configurar el PLC, Micromaster y el panel táctil. Para la realización del ejercicio se utilizarán los siguientes elementos:

- Unidad de mecanizado, compuesta por:
 - Sistema de desplazamiento de broca, formada por motor y husillo. Controlado por el variador de frecuencia que dará el avance y retroceso de la broca.
Las señales y elementos de mando son los siguientes:
 - Velocidad del motor de desplazamiento: Salida analógica **PAW 754**.
 - Led indicación movimiento motor de desplazamiento **H_MD**, que se encenderá cuando la unidad este en movimiento.
 - Contactor alimentación variador **RM1**. Esta señal habrá que activarla antes de dar marcha al motor, ya que se encarga de alimentar al variador a través del relé RM1.
 - Marcha giro unidad de desplazamiento **RK2**, entrada digital 1 del variador de frecuencia., que se encargará de dar marcha al motor tanto en el avance como en el retroceso.
 - Inversión giro unidad de desplazamiento **RK3**, entrada digital 2 del variador de frecuencia, se encargará de invertir el giro del motor de desplazamiento para realizar solo el retroceso de la misma.
- Sistema de giro de broca **H_MG**, compuesto por motor que transmite el giro a la broca a unas revoluciones constantes.
- Tres micros de posición en la unidad de mecanizado :
 - Final de carrera reposo unidad de desplazamiento **UMR** que nos indicará cuando la unidad está en posición de reposo.
 - Final de carrera desahogo viruta **UMD** que nos indicará cuando la broca ha retrocedido a posición en la que ha desahogado la viruta.
 - Final de carrera fin desplazamiento unidad de desplazamiento **UMF** que nos indicará cuando el agujero mecanizado tiene la profundidad final.
- Cilindro Pisador: que será el encargado de sujetar la pieza mientras se realiza el mecanizado de la misma. El pisador estará

Detector control presencia pieza **SP:** que será el encargado de indicarnos que la pieza a mecanizar está colocada.

- Led que permanecerán encendidos permanentemente hasta que finalice el ciclo final de la máquina:

- Led que se encenderá y apagará varias veces en el ciclo:

- Led indicación que la broca ha desahogado **N**: se encenderá un instante cuando se toque el final de carrera desahogo viruta **UMD** en cada uno de los retrocesos de la unidad de desplazamiento de los ciclos de mecanizado.



4.1. PROGRAMA PLC

El programa ha realizar en el PLC debe seguir las siguientes secuencias:

A. Secuencia arranque máquina o puesta en servicio:

- I. Girar el selector de paro **PPA**, a la posición **ON**
- II. Accionar el pulsador de servicio **PSE** y el pulsador de rearme **PRM** se activa el estado de servicio al sistema, es decir, que el proceso estará preparado para funcionar.
- III. Esta situación quedará indicada mediante la activación de piloto del pulsador de servicio **HS**.

Nota: Nunca podrá funcionar nada si la máquina no está en estado de servicio **PSE y HS**.

B. Secuencia de paro de máquina:

- I. Al girar el selector de paro **PPA** a la posición **OFF**.
- II. Se retira el estado de servicio del sistema, indicando ese estado con la desconexión del piloto de servicio **HS**.
- III. Deja de funcionar el programa de PLC, se reinicializa totalmente el programa.

C. Secuencia entrada en ciclo automático e inicio ciclo:

Cumplíndose la secuencia de arranque de máquina o puesta en servicio, expuesta en el apartado A, se podrá entrar en la secuencia de ciclo automático.

- I. Ponemos el selector auto/manual en automático **AUT**.
- II. Accionamos el pulsador de marcha **PMA**. En este momento nos podemos encontrar con los siguientes casos:

1. Proceso sin que se cumplan las condiciones iniciales (Caso 1).
2. Proceso cumpliéndose las condiciones iniciales (Caso 2).

Nota: Se considera que el proceso se encuentra en las condiciones iniciales cuando se cumpla lo siguiente:

- Motor de giro de broca desconectado.
- Motor de desplazamiento de la unidad de mecanizado detenido en la posición de reposo **UMR**.
- Cilindro pisador en posición de reposo **RP**.

Caso 1: Si al accionar el pulsador de marcha **PMA** el proceso no cumple las condiciones iniciales, entonces:

- I. Se indicará mediante el piloto de reset **HRST** encendido.
- II. A continuación, deberá accionarse el pulsador de reset **PRS** y mantenerse pulsado.
- III. Todos los elementos retrocederán a condiciones de inicio en un orden determinado, estudiando el orden para evitar colisiones o movimientos peligrosos.
- IV. Una vez se encuentre el proceso en condiciones de inicio el piloto **HRS**. Del pulsador de reset se apagará.

Nota: Para el retroceso del motor de desplazamiento, se utilizará una velocidad de 450 rpm.

Caso 2: Si al accionar el pulsador de marcha **PMA** el proceso cumple las condiciones iniciales, llegado a este punto puede ser que:

- La pieza no esté colocada, no detectando el sensor **SP**; en este momento la lámpara de marcha **HM** se pondrá en intermitencia con una frecuencia larga. A continuación debemos colocar una pieza en el lugar de trabajo detectada por el sensor **SP**. En este momento no encontramos en el siguiente párrafo.
- Exista pieza colocada detectada por el sensor **SP**; la lámpara de marcha **HM** se pondrá en intermitencia con una frecuencia corta.

Accionamos de nuevo el pulsador de marcha **PMA** y el ciclo comenzará; en este momento la lámpara de marcha **HM** se encenderá de forma permanente y permanecerá en dicho estado hasta que finalice, apagándose en ese momento.

Nota: Durante toda la secuencia anterior se deberá cumplir que el selector de auto/manual **AUT** se encuentre en la posición de automático.

D. Secuencia entrada en ciclo manual (Ampliación):

Cumplíndose la secuencia de arranque de máquina o puesta en servicio, expuesta en el apartado A, se podrá entrar en la secuencia de ciclo manual.

I. Ponemos el selector auto/manual en manual **AUT**.

II. Accionamos el pulsador de marcha **PMA**.

III. Se indicara este estado mediante el parpadeo simultaneo de las lámparas de marcha **HM** y de servicio **HS**.

IV. El proceso manual se realizara según las señales activadas a través de la pantalla manual del panel táctil.

Cuando el selector auto/manual se ponga en automático el sistema volverá al estado de servicio, es decir, a la espera de selección aut/manual o accionar el pulsador de marcha **PMA**.

Nota: Durante toda la secuencia anterior se deberá cumplir que el selector de auto/manual **AUT** se encuentre en la posición de manual

E. Secuencia de emergencia:

Si se aplica la emergencia **PEM**, los ciclos quedaran reseteados (ya sea en manual o automático) por tanto desaparece el estado de servicio del proceso y se encenderá la lámpara de rearme **HR**.

Una vez que se ha realizado una emergencia, se deberá realizar el ciclo de rearme de la emergencia siguiente:

I. Desenclavar la emergencia **PEM**.

II. Dar al pulsador de rearme **PRM**, apagándose en ese momento la lámpara de rearme **HR**.

La secuencia está preparada de nuevo para actuar según apartado C.

El ciclo de trabajo automático que se deberá programar tendrá la siguiente secuencia de funcionamiento:

Una vez efectuados los reglajes oportunos y posterior accionamiento del pulsador de marcha **PMA** y previa presencia de pieza **SP** el ciclo será el siguiente:

1. Bajara el pisador que sujetara la pieza mediante el accionamiento de la bobina **EVG**.
2. Nos aseguramos que la pieza está sujeta mediante el detector de trabajo del pisador **TP**.
3. Se pondrán en marcha a la vez, tanto el motor de giro de broca **H_MG** como la unidad de giro de desplazamiento **RK2** a una velocidad de 900 rpm que acercara la broca a la pieza.
4. Una vez que la unidad toca el final de carrera de desahogo **UMD**, la velocidad de avance disminuirá hasta las 450 rpm y empezara a contar en dicho instante el tiempo del primer mecanizado, T1= 5 segundos.
5. Una vez transcurrido el tiempo T1, la unidad de desplazamiento retrocederá activándose para ello, la señal de inversión de giro de la unidad **RK3** a una velocidad de 1350 rpm hasta que vuelva a tocar el final de carrera de desahogo **UMD**.
6. La unidad de desplazamiento volverá a realizar de nuevo el avance de la broca a velocidad de 450 rpm y empezara a contar el tiempo del segundo taladro, T2 = 10 segundos.
7. Una vez transcurrido el tiempo T2, la unidad de desplazamiento retrocederá activándose para ello, la señal de inversión de giro de la unidad **RK3** a una velocidad de 1350 rpm hasta que vuelva a tocar el final de carrera de desahogo **UMD**.
8. Una vez que ha tocado el micro **UMD** la unidad volverá a iniciar el avance de la broca para terminar el taladrado de la pieza hasta que toque el micro **UMF** a una velocidad de 450 rpm.
9. Una vez que se ha tocado el micro **UMF** la unidad de mecanizado retrocederá hasta la posición de reposo **UMR** a una velocidad de 1350 rpm.
10. Cuando la unidad llegue a la posición de reposo se desactivaran los contactores del motor. También se iniciara el retroceso del cilindro pisador para liberar la pieza terminada, activando la bobina **EVH** hasta que se active el detector de reposo **RP**.

Nota 1: Para que el motor gire en avance o retroceso debe de activarse antes el contactor **RM1**.

Nota 2: Para comunicarle al MM420 la velocidad que queremos que imprima al motor se tiene que realizar la siguiente conversión. La salida analógica PAW752 saca una tensión entre 0 y 10 voltios, al ser un tipo

entero le tenemos que meter un valor entre 0 y 32768. El valor que tenemos que introducir se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{Valor PAW752} = \text{rpm} * 19$$

4.2. PROGRAMA MICROMASTER 420

La programación que se debe realizar en el MM420 tiene que ser la siguiente:

- Entrada digital 1: Avance.
- Entrada digital 2: Retroceso.
- Tiempo de subida: 500 ms.
- Tiempo de bajada: 500 ms.
- Característica tensión/frecuencia: lineal.

Para configurar el Micromaster se deben realizar los siguientes pasos:

1. Abrir el STARTER.
2. Crear un nuevo proyecto.
3. Introducir nuestro dispositivo.
4. Configurar el motor. Lo podemos hacer manualmente introduciendo los valores de la placa de características del motor o hacerlo automáticamente. Para ello debemos pulsar el botón online y darle a Motor Identification en la pantalla configuration.
5. Cambiamos las funciones y parámetros especificados en el apartado anterior.
6. Por último, ponemos el programa en Online y cargamos el proyecto.
7. Desde la pantalla control panel podemos visualizar el funcionamiento del MM420 y el motor.

Nota.: Para encender el Micromaster el interruptor **Q1** del armario eléctrico debe estar activado.

4.3. PROGRAMA PANEL OPERADOR.

Se debe programar el panel de operador para poder visualizar el funcionamiento del puesto y poder modificar los parámetros relacionados del mismo. Para ello se han de programar una serie de pantallas que se centran en diferentes aspectos del funcionamiento del sistema. Las pantallas a diseñar son las siguientes:

- **Imagen inicial.**

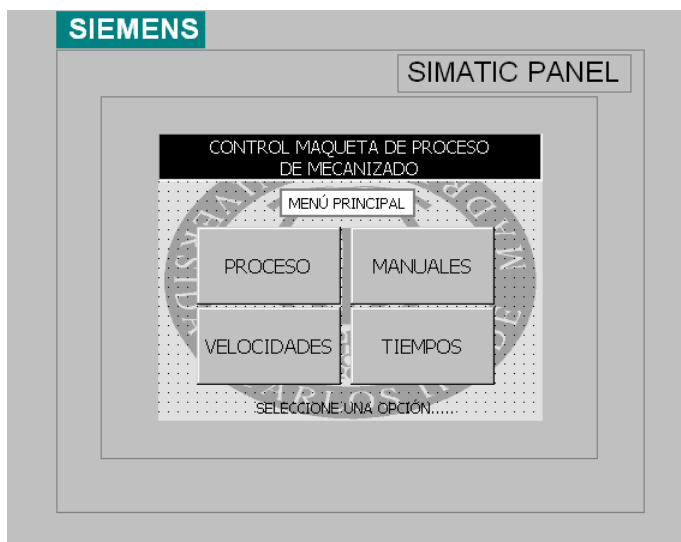
La primera pantalla a configurar sirve de bienvenida al usuario cuando se arranca el puesto de laboratorio. Debe incluir un botón que sirva para entrar en la pantalla de Menú Principal. La pantalla debe similar a la siguiente:



- Figura 11. Imagen inicial.-

- **Menú Principal.**

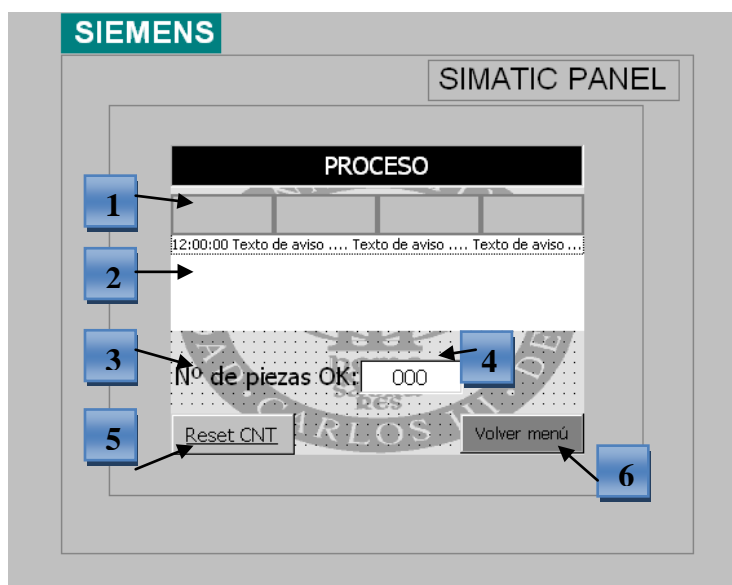
Esta pantalla es el menú principal del menú principal desde la que se acceden al resto de pantallas implementadas. Debe contener cuatro botones que sirvan para acceder al resto de las pantallas. Debe ser similar a la siguiente imagen:



-Figura 12.Pantalla MENÚ PRINCIPAL-

- **Proceso.**

Esta pantalla es la principal de todas las implementadas. Esta pantalla es la que el usuario del puesto de mecanizado tendrá en pantalla durante el proceso de mecanizado. En esta pantalla se visualizan los avisos de servicio del sistema, que en qué punto del proceso de mecanizado se encuentra el puesto y sus parámetros. La pantalla implementada debe ser similar a la siguiente imagen, con los elementos que se detallan a continuación:



-Figura 13. Pantalla PROCESO-

1. Superficies de estado. Existirán cuatro objetos para informar el estado actual del proceso y que son: SERVICIO, MARCHA, REARME, RESET.

2. Ventana de avisos de servicio. Se debe configurar una pantalla para visualizar los siguientes avisos de servicio:

0. Relé térmico disparado !!!.
1. E M E R G E N C I A ! ! ! ! !.
2. 2Cilindro pisador en avance sujeta pieza.
3. Avance unidad de mecanizado a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
4. Unidad de mecanizado para taladro 1 a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
5. Fin taladro 1 desahogando, retirando unidad de mecanizado a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
6. Unidad de mecanizado para taladro 2 a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
7. Fin taladro 2 desahogando, retirando unidad de mecanizado a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
8. Unidad de mecanizado para taladro 3 a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
9. Fin taladro 3, desahogando y retirando a posición de reposo a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
10. Esperando la extracción de la pieza.
11. Esperando orden mediante el pulsador de marcha.
12. Esperando colocación de nueva pieza a taladrar.
13. Esperando a accionar el pulsador de servicio.

La configuración de estos textos deberá estar relacionada con el DB12 a partir del DBx0.0 creado en el programa del PLC. Se deberá configurar para que tan solo aparezca la hora en la que se ha producido el evento y el texto correspondiente.

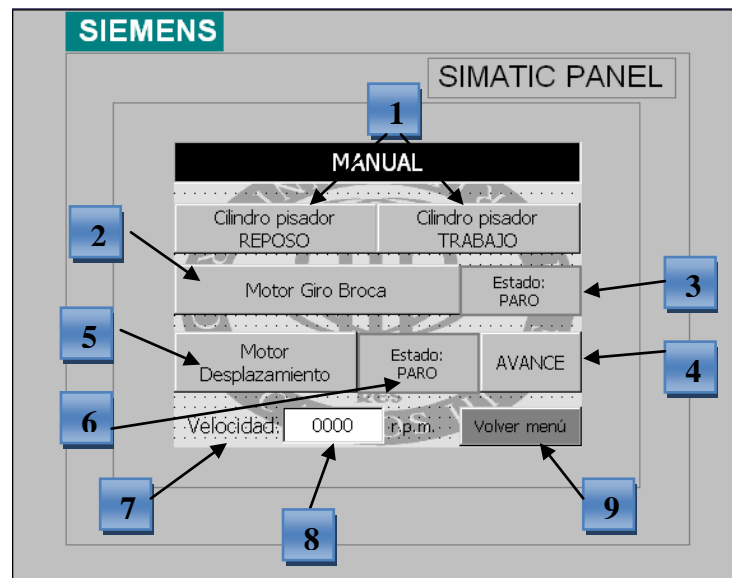
Nota: El campo {Velocidad_Actual} es para que se indique en cada momento la velocidad que en ese momento está girando el motor de desplazamiento.

3. Campo de texto. Incorporar un campo de texto que indique "Piezas OK".
4. Campo de salida. En este campo deberá aparecer el valor actual del registro DB10.DBW0 que contendrá el número de piezas correctamente taladradas.
5. Botón. Se incorporará un botón para que realice la función de puesta a cero del registro de contaje de piezas correctamente taladradas.
6. Botón. Se utilizara para volver al menú principal.

- **Manual.**

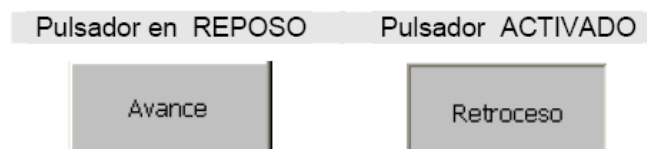
Se ha de programar una pantalla con la función de realizar el proceso de mecanizado en modo manual. Desde esta pantalla el usuario controla el avance y retroceso de los elementos y la

velocidad de giro del motor. La pantalla implementada será similar a la siguiente:



-Figura 14 Pantalla MANUAL-

1. Botones cilindro pisador. Insertar dos botones para que el cilindro pisador avance o retroceda, vinculándolo a las señales oportunas.
2. Botón motor giro broca. Con este botón se activa el movimiento del motor de giro de la broca mientras se esté pulsando.
3. Superficie de estado. Mediante esta superficie se informa del estado del motor de giro de broca. Tiene dos posibles estados que serán visualizados PARO y MARCHA.
4. Interruptor Avance/Retroceso. Mediante este botón se elige el sentido de giro del motor, teniendo dos opciones:



-Figura 15 Interruptor de Avance/Retroceso-

5. Botón motor de desplazamiento. Configurar un botón para que mientras se esté pulsando, el motor de desplazamiento gire en un sentido o en otro según se haya indicado mediante el interruptor Avance/Retroceso.
6. Superficie de estado. Mediante este objeto se informa del estado del motor, siendo estas PARO y MARCHA.

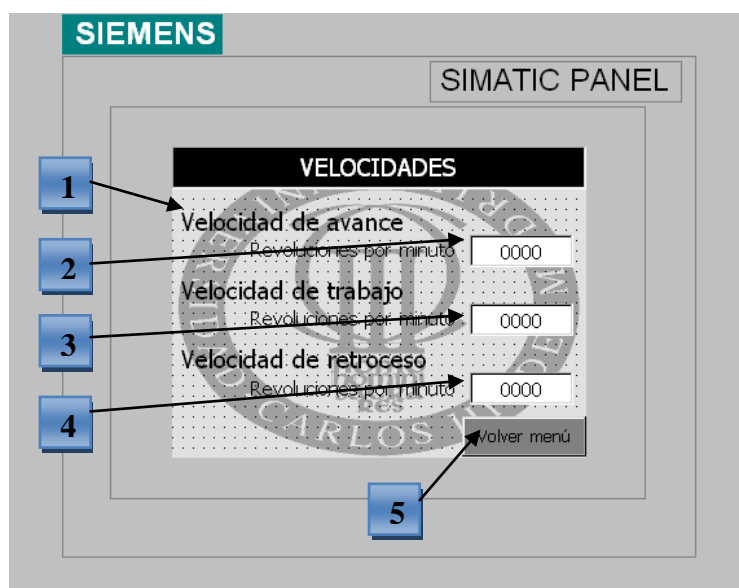
Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

7. Campo de texto. Insertar este objeto con los textos “Velocidad” y “rpm” para aclarar la información.
8. Campo de entrada. Mediante este campo el usuario puede introducir el valor para la velocidad con la que pretende que funcione el motor de desplazamiento. Por seguridad se debe limitar el valor de entrada al rango 0-1350 rpm. Por defecto, tiene un valor de 200 rpm.
9. Botón. Insertar un botón para volver al menú principal.

Nota. Para la correcta programación de esta pantalla se han de crear algunas variables específicas para el ciclo de mecanizado manual en el programa del PLC.

• VELOCIDADES

Desde esta pantalla se modifican las velocidades que se utilizan durante el proceso de mecanizado en el ciclo automático. Se deben modificar las velocidades de avance, trabajo y retroceso. La pantalla debe ser similar a la siguiente, con los objetos que se detallan a continuación:



-Figura 16. Pantalla VELOCIDADES-

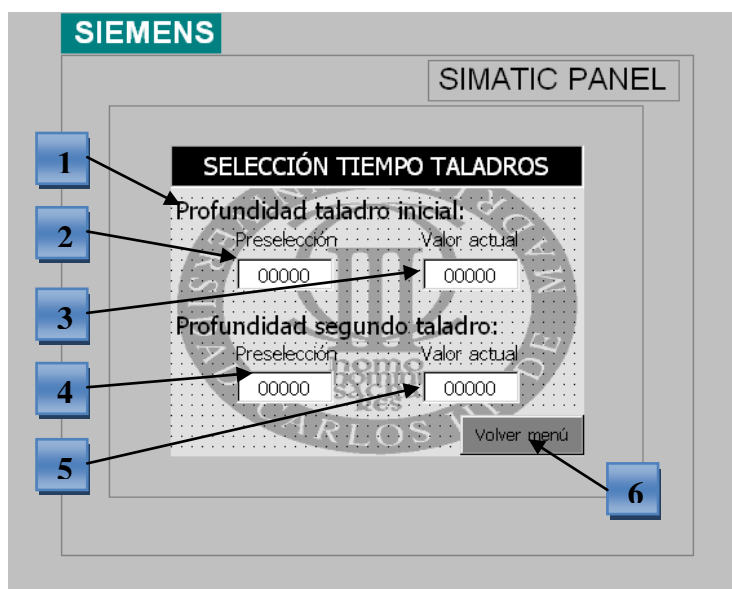
1. Campos de texto. Introducir campos de texto descriptivos de la pantalla.
2. Campo de entrada. Desde este primer campo de entrada se modifica el valor de la velocidad de avance. Esta velocidad es la que tiene el motor cuando se aproxima a alguna posición. Por defecto, 900 rpm.

3. Campo de entrada. Este campo sirve para modificar la velocidad de trabajo, que es la utilizada cuando la broca esta taladrando la pieza. Por defecto, 450 rpm.
4. Campo de entrada. Introducir un campo de entrada para modificar el valor de la velocidad de retroceso. Como su propio nombre indica, se utiliza cuando la unidad de desplazamiento retrocede hacia las posiciones de desahogo y reposo. Por defecto, 1350 rpm.
5. Botón. botón para retroceder al menú principal.

Nota. Por seguridad configurar los valores de entrada para que se ajusten al siguiente rango: 0-1350 rpm.

- **TIEMPOS**

Desde esta pantalla se visualizan y modifican los tiempos de mecanizado utilizados en proceso de mecanizado. La pantalla debe contener los elementos que se detallan a continuación y debe ser similar a la siguiente imagen:



-Figura 17. Pantalla TIEMPOS-

1. Campos de texto. Campos de texto descriptivos para la comprensión de la pantalla.
2. Campo de entrada. Desde este campo se introduce el límite del temporizador 1 que indica la profundidad del primer taladro. Por defecto este primer taladro dura 5 segundos.
3. Campo de salida. En este campo se visualiza en segundos el valor actual del temporizador 1, cuando se está activado el primer temporizador.
4. Campo de entrada. Desde este campo de entrada se modifica el tiempo de mecanizado del segundo taladro del ciclo de automático. Por lógica, este valor tiene que ser mayor que el

del primer taladro, ya que este taladro se realiza después del primero y empezara a mecanizar transcurrido el tiempo definido en el primer taladro. Por defecto, 10 segundos.

5. **Campo de salida.** Desde este campo se visualiza el tiempo transcurrido del segundo taladro
6. **Botón.** Este botón es idéntico al de pantallas anteriores, para volver al menú principal.

Nota. Por seguridad, la entrada de valores de ambos temporizadores no debe ser mayor a 20 segundos.

5. ACTIVIDADES A REALIZAR

Las actividades a realizar en el puesto de mecanizado de taladro no pasante son las siguientes:

- Realizar el programa en el PLC descrito en el enunciado con los siguientes apartados:
 - Diagrama de estados para todas las secuencias y ciclos.
 - Tabla de variables
 - Programación en lenguaje de contactos (KOP), lista de instrucciones (AWL) o funciones (FUP).
- Realizar la configuración del Micromaster 420 descrita en el enunciado, configurando la funcionalidad de cada una de las entradas y adaptando la curva de tensión/frecuencia.
- Realizar la programación del Panel Operador expresada en el enunciado, incluyendo todas las pantallas descritas.

5.3 MANUAL DE USO DE PROFESOR

1. INTRODUCCIÓN

El puesto de mecanizado está compuesto por un autómatas, un panel táctil y un variador de frecuencia, alojados en el armario; y una maqueta, que representa la herramienta de mecanizado y un motor.

El objetivo del presente puesto es programar los elementos para que se realice el proceso de mecanizado. A través del panel táctil el usuario puede monitorizar el proceso de mecanizado, observando que parte del proceso automático se está realizando, la velocidad del motor en cada instante. Además, desde el panel se pueden modificar las velocidades del motor y el tiempo de cada uno de los taladros. Por otra parte el usuario puede realizar el proceso manual, pulsando en el panel activará las salidas adecuadas: movimiento del cilindro pisador, modificar la velocidad del motor, activar el motor tanto en avance como en retroceso.



-Figura 1. Puesto de mecanizado-

2. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

El puesto de mecanizado está formado por los siguientes componentes: Armario Eléctrico, PLC, Micromaster 420 (variador de frecuencia), Panel Operador 170A, Maqueta de Mecanizado y Motor.

2.1 Armario Eléctrico

En el Armario Eléctrico se encuentran el PLC, Micromaster 420, Panel Operador y pulsadores para el control del proceso. Además, en el armario se encuentran los interruptores diferenciales, relés y cableado que dan alimentación a los diferentes componentes.

En la puerta del armario se encuentran todos los pulsadores, selectores y el panel táctil. Los pulsadores son los siguientes:

- Selector principal: Es el encargado de encender y apagar el mecanizado.

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

- Selector automático-principal: Para seleccionar si queremos el proceso manual o automático.
- Pulsador de emergencia: Seta de emergencia para desactivar el proceso en caso de emergencia.
- Pulsador de Servicio: Pulsador para poner el sistema en servicio el sistema.
- Pulsador de Rearme: Para devolver la alimentación al sistema tras una parada de emergencia o tras la activación de la maquina tras el selector principal.
- Pulsador de Reset: Pulsador para colocar los elementos en condiciones iniciales.
- Pulsador de Marcha: Pulsador para comenzar el proceso de mecanizado.



-Figura 2. Armario eléctrico-

2.2 PLC

El autómatas es el elemento principal del sistema ya que se encarga de realizar el proceso de mecanizo. El autómatas está compuesto por la fuente de alimentación, CPU modelo 314C-2DP y los módulos de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas.

También tiene dos puertos de comunicaciones: un puerto MPI para la programación y visualización del PLC y para la comunicación por bus con otros elementos (panel operador) y un puerto Profibus.



-Figura 3. Autómata Siemens CPU 314C-2DP-

2.3 Micromaster 420

El variador de frecuencia MM420 es un dispositivo capaz de controlar diferentes parámetros de un motor. En este puesto lo que se quiere controlar es la velocidad del motor.

Con el MM420 se pueden configurar diferentes parámetros relativos al motor. Es capaz de reconocer automáticamente el motor que está conectado a él. Dispone de tres entradas digitales, una analógica, una salida analógica y otra por relé. Permite el control de diferentes tipos de motores: monofásicos, trifásicos, asíncronos, síncronos. Con unos rangos de tensión nominal desde 200 a 400 voltios y de potencia desde 0,12KW a 11KW.

El MM420 realiza una regulación Tensión-Frecuencia, recibe por la entrada analógica un valor de tensión (0-10 voltios) y dependiendo de la regulación configurada proporciona una frecuencia al motor. Los distintos tipos de regulación que puede realizar son: FCC (regulación flujo-corriente), multipunto (U/f parametrizable) y característica lineal U/f.

Gracias a la gran cantidad de parámetros que puede controlar se puede realizar desde una aplicación básica hasta una aplicación avanzada.

En el apartado de comunicaciones MM420 posee diferentes posibilidades. En este caso la comunicación con el PLC se realiza entre una salida analógica del PLC y la entrada analógica del Micromaster. También cuenta con un puerto RS485 para la comunicación con el PC. Sin embargo existe un kit de conexión que permite la comunicación vía PROFIBUS. En este caso la comunicación se realiza por el puerto RS485 con una tarjeta PCI en el ordenador que proporciona dos puertos 485.

La programación se puede realizar a través del BOP (Panel Operador Básico), AOP (Panel Operador Avanzado) o mediante el PC y el software STARTER vía RS485. En este caso, el puesto cuenta con los dispositivos de comunicación BOP y el STARTER (PC). Se recomienda hacer la programación con el STARTER, ya que posee una interfaz sencilla y clara, que permite configurarlo gráficamente y se puede monitorizar el funcionamiento. Si se realiza con el BOP hay que cambiar gran cantidad de parámetros manualmente y resulta más complicado.



-Figura 3. Micromaster 420-



-Figura 4. BOP y AOP-

2.4 Panel Operador TP170 A

El Panel Operador es un dispositivo HMI (Interfaz Hombre-Máquina). Este panel táctil permite la visualización y control del funcionamiento del puesto. Posee dos puertos de comunicaciones: RS232 para la programación desde el PC y MPI para la comunicación con el PLC.

El panel TP170 contiene diferentes tipos de imágenes que permiten la navegación en el programa descargado desde el PC. Entre estas imágenes se encuentran: botones, interruptores, campos de texto, campos de E/S, barras,...

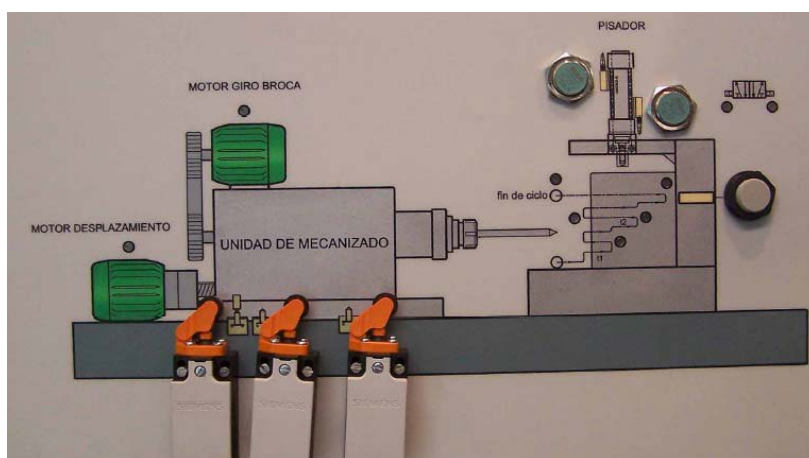


-Figura 5. Panel Operador TP170A-

2.5 Maqueta de Mecanizado

La maqueta de mecanizado representa la máquina de mecanizado, compuesta por los siguientes elementos:

- Sistema de desplazamiento y broca: Representa la unidad donde está el motor que realiza el movimiento de avance de la unidad de mecanizado y de la broca. En la maqueta está representado por dos leds que indican el movimiento de motor desplazamiento y motor de giro de broca.
- Cilindro pisador. Es un cilindro que se ocupa de sujetar la pieza para realizar el taladro. Está compuesto por dos leds que indican el avance y el retroceso del cilindro y dos sensores de proximidad inductivos que indican la posición del cilindro (reposo, trabajo).
- Detector de presencia. Es un detector de presencia que detecta cuando está colocada una pieza para taladrarla.
- Micros de posición: Tres finales de carrera que indican en qué posición se encuentra la unidad de mecanizado: reposo, fin de desahogo, fin de desplazamiento.
- Lámparas de señalización del proceso: Son diferentes leds que indican el funcionamiento del proceso, son las siguientes:
 - Movimiento de unidad de mecanizado y giro de broca, anteriormente citadas.
 - Avance y retroceso del cilindro pisador, anteriormente citadas.
 - Leds de indicación de finalización de taladros 1, 2 y 3. Indican cuando se ha realizado cada uno de los taladros.
 - Led fin de desahogo broca. Indica cuando la broca ha desahogado tras un taladro.
 - Led fin de ciclo. Indica cuando se ha finalizado el ciclo de taladro.



-Figura 6. Maqueta de mecanizado-

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

2.6 Motor

El motor es el encargado del avance de unidad de mecanizado y del giro de la broca. Esta controlado por el variador de frecuencia. Es un motor monofásico de 120 W de potencia.



-Figura 7.Motor monofásico 120W-

2.7 Comunicaciones

Para el correcto funcionamiento del puesto de mecanizado todos los elementos de control se han cableado las siguientes comunicaciones:

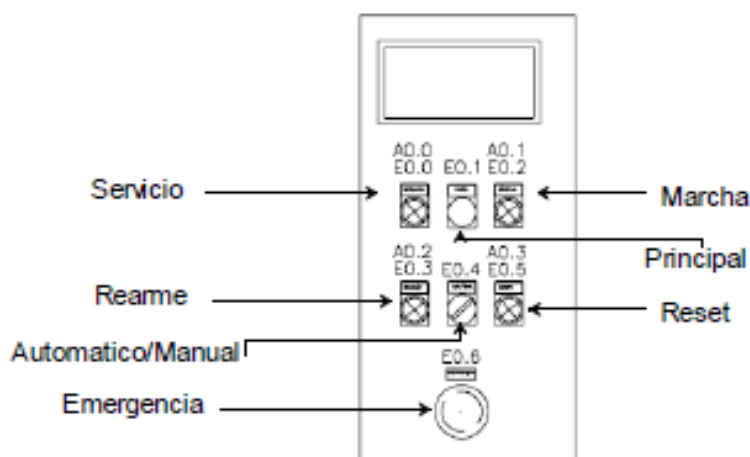
- PLC-Panel Operador. La comunicación entre el PLC y el Panel Operador se realiza a través del bus MPI conectado a ambos puertos MPI de los dos dispositivos.
- PLC-Micromaster 420. La comunicación entre estos dos dispositivos se realiza a través de la salida y entrada analógicas, respectivamente, y mediante las E/S digitales correspondientes.
- PLC-PC. Para poder programar y visualizar el PLC desde el ordenador se ha cableado la comunicación mediante MPI y con un PC-Adapter entre el puerto MPI del PLC y el puerto COM del PC.
- Panel Operador-PC. Para poder programar el Panel Operador se utiliza la comunicación por RS232 entre los puertos RS232 del panel y el puerto COM del PC.
- Micromaster-PC. Para la configuración y visualización del variador de frecuencia se usa la comunicación por RS485 entre el puerto 485 del Micromaster y el puerto de la tarjeta PCI instalada en el PC que proporciona dos puertos RS485.

3. ENTRADAS Y SALIDAS

A continuación se observa una representación de las entradas y salidas del puesto de mecanizado. También existe una tabla con la codificación de entradas y salidas a realizar en el proyecto.

3.1. E/S del Armario eléctrico

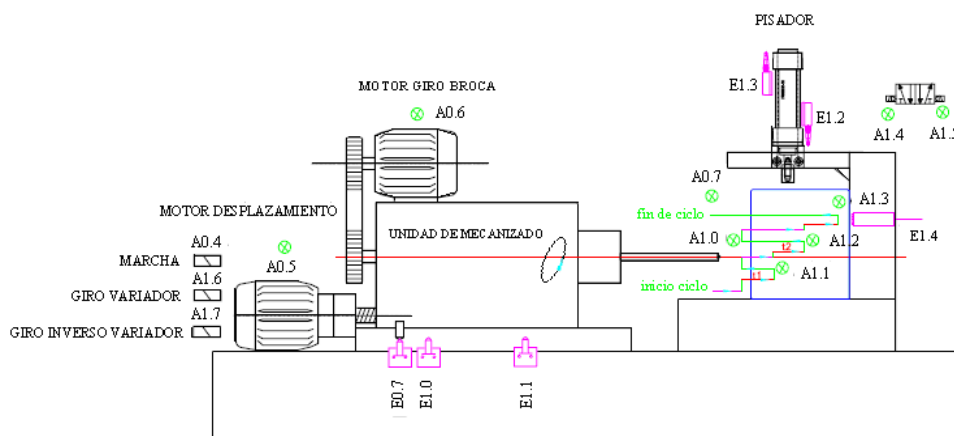
En el siguiente esquema se observa la asignación de las entradas y salidas correspondientes a la puerta del armario eléctrico, es decir, a los pulsadores.



-Figura 8. E/S armario eléctrico-

3.2. E/S de la Maqueta de mecanizado

En el siguiente esquema se observa la correspondencia de las entradas y salidas de la maqueta de mecanizado. En la maqueta se encuentran los sensores de proximidad y las lámparas de señalización.



- Figura 9. E/S maqueta de mecanizado-

3.3. Entradas Micromaster

Para controlar el motor se han cableado las siguientes entradas:

- Entrada digital 1 (Pin 5).
- Entrada digital 2 (Pin 6).
- Entrada analógica 1 (Pines 3 y 4).

3.4. Tablas codificación E/S PLC.

En la siguiente tabla se observa la codificación de las entradas digitales cableadas para el correcto funcionamiento del puesto de mecanizado.

ENTRADAS DIGITALES			
SIMBOLO	DIRECCION	TIPO DATO	COMENTARIO
PSE	E 124.0	BOOL	Pulsador de servicio
PPA	E 124.1	BOOL	Selector principal
PMA	E 124.2	BOOL	Pulsador de marcha
PRM	E 124.3	BOOL	Pulsador de rearme
AUT	E 124.4	BOOL	Selector automatico/manual
PRS	E 124.5	BOOL	Pulsador de reset
PEM	E 124.6	BOOL	Seta de emergencia
UMR	E 124.7	BOOL	F. carrera reposo unidad de mecanizado
UMD	E 125.0	BOOL	F. carrera desahogo viruta
UMF	E 125.1	BOOL	F. carrera fin desplaz. unidad mecanizado
TP	E 125.2	BOOL	Detector trabajo cilindro pisador
RP	E 125.3	BOOL	Detector reposo cilindro pisador
SP	E 125.4	BOOL	Detector control presencia pieza
	E 125.5	BOOL	
NA	E 125.6	BOOL	Estado térmico del motor
KE1	E 125.7	BOOL	Estado del modulo de seguridad

-Tabla 1. Codificación entradas digitales-

En esta tabla se representa la codificación de las salidas digitales oportunas para el funcionamiento del puesto.

SALIDAS DIGITALES			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
HS	A124.0	BOOL	Luz de servicio
HM	A124.1	BOOL	Luz de marcha
HR	A124.2	BOOL	Luz de rearme
HRST	A124.3	BOOL	Luz de reset
RM1	A124.4	BOOL	Contactador alimentación motor
H_MD	A124.5	BOOL	Led movimiento motor desplazamiento
H_MG	A124.6	BOOL	Led movimiento motor giro broca
H_REP	A124.7	BOOL	Led reposo
N	A125.0	BOOL	Led indicación fin desahogado
K	A125.1	BOOL	Led realizado taladro 1
L	A125.2	BOOL	Led realizado taladro 2
M	A125.3	BOOL	Led realizado taladro 3
EVG	A125.4	BOOL	Led indicación avance cilindro pisador
EVH	A125.5	BOOL	Led indicación retroceso cilindro pisador
RK2	A125.6	BOOL	Giro variador
RK3	A125.7	BOOL	Giro inverso variador

-Tabla 2. Codificación salidas digitales-

Por último, la codificación de la salida analógica para indicar al Micromaster la velocidad del motor.

SALIDAS ANALOGICAS			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
V_MOT	PAW752	INT	Velocidad del motor de desplazamiento

-Tabla 3. Codificación salidas analógicas-

4. ENUNCIADO

El objetivo de este puesto es simular el mecanizado de un taladro no pasante, compuesto por una unidad de mecanizado y un cilindro pisador.

Se trata de realizar un taladro de un agujero no pasante según la figura 10; debido a la gran profundidad se debe hacer el taladro en tres pasadas, para poder desahogar la viruta producida evitando la rotura de la broca o un mal acabado superficial del taladro.

Para realizar el ejercicio pedido se deben programar y configurar el PLC, Micromaster y el panel táctil. Para la realización del ejercicio se utilizarán los siguientes elementos:

- Unidad de mecanizado, compuesta por:
 - Sistema de desplazamiento de broca, formada por motor y husillo. Controlado por el variador de frecuencia que dará el avance y retroceso de la broca.
Las señales y elementos de mando son los siguientes:
 - Velocidad del motor de desplazamiento: Salida analógica **PAW 754**.
 - Led indicación movimiento motor de desplazamiento **H_MD**, que se encenderá cuando la unidad este en movimiento.
 - Contactor alimentación variador **RM1**. Esta señal habrá que activarla antes de dar marcha al motor, ya que se encarga de alimentar al variador a través del relé RM1.
 - Marcha giro unidad de desplazamiento **RK2**, entrada digital 1 del variador de frecuencia., que se encargará de dar marcha al motor tanto en el avance como en el retroceso.
 - Inversión giro unidad de desplazamiento **RK3**, entrada digital 2 del variador de frecuencia, se encargará de invertir el giro del motor de desplazamiento para realizar solo el retroceso de la misma.
- Sistema de giro de broca **H_MG**, compuesto por motor que transmite el giro a la broca a unas revoluciones constantes.
- Tres micros de posición en la unidad de mecanizado :
 - Final de carrera reposo unidad de desplazamiento **UMR** que nos indicará cuando la unidad está en posición de reposo.
 - Final de carrera desahogo viruta **UMD** que nos indicará cuando la broca ha retrocedido a posición en la que ha desahogado la viruta.
 - Final de carrera fin desplazamiento unidad de desplazamiento **UMF** que nos indicará cuando el agujero mecanizado tiene la profundidad final.
- Cilindro Pisador: que será el encargado de sujetar la pieza mientras se realiza el mecanizado de la misma. El pisador estará

- Detector control presencia pieza SP: que será el encargado de indicarnos que la pieza a mecanizar está colocada.
- Lámparas señalización ciclo mecanizado : Para poder comprobar el buen funcionamiento de los ciclos de taladrado, se han colocado unas lámparas de indicación que deberán de activarse progresivamente mientras se van realizando los ciclos de taladrado y que permanecerán encendidos hasta que la unidad de mecanizado retrocede a posición de origen; el led de desahogo se activará solo cuando la unidad de desplazamiento retrocede y toca el final de desahogo virtual en cada uno de los ciclos de taladrado.

- Led indicación fin de ciclo taladrado **H_REP**: se encenderá cuando se han realizado los tres ciclos de taladrado y la unidad de desplazamiento retroceda a reposo y toque el final de desahogo viruta **UMD**.
- Led indicación 1 taladrado realizado **K**: se encenderá cuando acabe el primer taladrado (transcurra el tiempo T1).
- Led indicación 2 taladrado realizado **L**: se encenderá cuando acabe el segundo taladrado (transcurra el tiempo T2).
- Led indicación 3 taladrado realizado **M**: se encenderá cuando acabe el 3 taladrado y toque el final de carrera de fin desplazamiento unidad mecanizado **UMF**.

- Led indicación que la broca ha desahogado **N**: se encenderá un instante cuando se toque el final de carrera desahogo viruta **UMD** en cada uno de los retrocesos de la unidad de desplazamiento de los ciclos de mecanizado.



4.1. PROGRAMA PLC

El programa ha realizar en el PLC debe seguir las siguientes secuencias:

A. Secuencia arranque máquina o puesta en servicio:

- I. Girar el selector de paro **PPA**, a la posición **ON**
- II. Accionar el pulsador de servicio **PSE** y el pulsador de rearme **PRM** se activa el estado de servicio al sistema, es decir, que el proceso estará preparado para funcionar.
- III. Esta situación quedará indicada mediante la activación de piloto del pulsador de servicio **HS**.

Nota: Nunca podrá funcionar nada si la máquina no está en estado de servicio **PSE y HS**.

B. Secuencia de paro de máquina:

- I. Al girar el selector de paro **PPA** a la posición **OFF**.
- II. Se retira el estado de servicio del sistema, indicando ese estado con la desconexión del piloto de servicio **HS**.
- III. Deja de funcionar el programa de PLC, se reinicializa totalmente el programa.

C. Secuencia entrada en ciclo automático e inicio ciclo:

Cumplíndose la secuencia de arranque de máquina o puesta en servicio, expuesta en el apartado A, se podrá entrar en la secuencia de ciclo automático.

- I. Ponemos el selector auto/manual en automático **AUT**.
- II. Accionamos el pulsador de marcha **PMA**. En este momento nos podemos encontrar con los siguientes casos:
 1. Proceso sin que se cumplan las condiciones iniciales (Caso 1).
 2. Proceso cumpliéndose las condiciones iniciales (Caso 2).

Nota: Se considera que el proceso se encuentra en las condiciones iniciales cuando se cumpla lo siguiente:

- Motor de giro de broca desconectado.
- Motor de desplazamiento de la unidad de mecanizado detenido en la posición de reposo **UMR**.
- Cilindro pisador en posición de reposo **RP**.

Caso 1: Si al accionar el pulsador de marcha **PMA** el proceso no cumple las condiciones iniciales, entonces:

- I. Se indicará mediante el piloto de reset **HRST** encendido.
- II. A continuación, deberá accionarse el pulsador de reset **PRS** y mantenerse pulsado.
- III. Todos los elementos retrocederán a condiciones de inicio en un orden determinado, estudiando el orden para evitar colisiones o movimientos peligrosos.
- IV. Una vez se encuentre el proceso en condiciones de inicio el piloto **HRS**. Del pulsador de reset se apagará.

Nota: Para el retroceso del motor de desplazamiento, se utilizará una velocidad de 450 rpm.

Caso 2: Si al accionar el pulsador de marcha **PMA** el proceso cumple las condiciones iniciales, llegado a este punto puede ser que:

- La pieza no esté colocada, no detectando el sensor **SP**; en este momento la lámpara de marcha **HM** se pondrá en intermitencia con una frecuencia larga. A continuación debemos colocar una pieza en el lugar de trabajo detectada por el sensor **SP**. En este momento no encontramos en el siguiente párrafo.
- Exista pieza colocada detectada por el sensor **SP**; la lámpara de marcha **HM** se pondrá en intermitencia con una frecuencia corta.

Accionamos de nuevo el pulsador de marcha **PMA** y el ciclo comenzará; en este momento la lámpara de marcha **HM** se encenderá de forma permanente y permanecerá en dicho estado hasta que finalice, apagándose en ese momento.

Nota: Durante toda la secuencia anterior se deberá cumplir que el selector de auto/manual **AUT** se encuentre en la posición de automático.

D. Secuencia entrada en ciclo manual (Ampliación):

Cumpléndose la secuencia de arranque de máquina o puesta en servicio, expuesta en el apartado A, se podrá entrar en la secuencia de ciclo manual.

I. Ponemos el selector auto/manual en manual **AUT**.

II. Accionamos el pulsador de marcha **PMA**.

III. Se indicara este estado mediante el parpadeo simultaneo de las lámparas de marcha **HM** y de servicio **HS**.

IV. El proceso manual se realizara según las señales activadas a través de la pantalla manual del panel táctil.

Cuando el selector auto/manual se ponga en automático el sistema volverá al estado de servicio, es decir, a la espera de selección aut/manual o accionar el pulsador de marcha **PMA**.

Nota: Durante toda la secuencia anterior se deberá cumplir que el selector de auto/manual **AUT** se encuentre en la posición de manual

E. Secuencia de emergencia:

Si se aplica la emergencia **PEM**, los ciclos quedaran reseteados (ya sea en manual o automático) por tanto desaparece el estado de servicio del proceso y se encenderá la lámpara de rearme **HR**.

Una vez que se ha realizado una emergencia, se deberá realizar el ciclo de rearme de la emergencia siguiente:

I. Desenclavar la emergencia **PEM**.

II. Dar al pulsador de rearme **PRM**, apagándose en ese momento la lámpara de rearme **HR**.

La secuencia está preparada de nuevo para actuar según apartado C.

El ciclo de trabajo automático que se deberá programar tendrá la siguiente secuencia de funcionamiento:

Una vez efectuados los reglajes oportunos y posterior accionamiento del pulsador de marcha **PMA** y previa presencia de pieza **SP** el ciclo será el siguiente:

1. Bajara el pisador que sujetara la pieza mediante el accionamiento de la bobina **EVG**.
2. Nos aseguramos que la pieza está sujeta mediante el detector de trabajo del pisador **TP**.
3. Se pondrán en marcha a la vez, tanto el motor de giro de broca **H_MG** como la unidad de giro de desplazamiento **RK2** a una velocidad de 900 rpm que acercara la broca a la pieza.
4. Una vez que la unidad toca el final de carrera de desahogo **UMD**, la velocidad de avance disminuirá hasta las 450 rpm y empezara a contar en dicho instante el tiempo del primer mecanizado, T1= 5 segundos.
5. Una vez transcurrido el tiempo T1, la unidad de desplazamiento retrocederá activándose para ello, la señal de inversión de giro de la unidad **RK3** a una velocidad de 1350 rpm hasta que vuelva a tocar el final de carrera de desahogo **UMD**.
6. La unidad de desplazamiento volverá a realizar de nuevo el avance de la broca a velocidad de 450 rpm y empezara a contar el tiempo del segundo taladro, T2 = 10 segundos.
7. Una vez transcurrido el tiempo T2, la unidad de desplazamiento retrocederá activándose para ello, la señal de inversión de giro de la unidad **RK3** a una velocidad de 1350 rpm hasta que vuelva a tocar el final de carrera de desahogo **UMD**.
8. Una vez que ha tocado el micro **UMD** la unidad volverá a iniciar el avance de la broca para terminar el taladrado de la pieza hasta que toque el micro **UMF** a una velocidad de 450 rpm.
9. Una vez que se ha tocado el micro **UMF** la unidad de mecanizado retrocederá hasta la posición de reposo **UMR** a una velocidad de 1350 rpm.
10. Cuando la unidad llegue a la posición de reposo se desactivaran los contactores del motor. También se iniciara el retroceso del cilindro pisador para liberar la pieza terminada, activando la bobina **EVH** hasta que se active el detector de reposo **RP**.

Nota 1: Para que el motor gire en avance o retroceso debe de activarse antes el contactor **RM1**.

Nota 2: Para comunicarle al MM420 la velocidad que queremos que imprima al motor se tiene que realizar la siguiente conversión. La salida analógica PAW752 saca una tensión entre 0 y 10 voltios, al ser un tipo

entero le tenemos que meter un valor entre 0 y 32768. El valor que tenemos que introducir se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{Valor PAW752} = \text{rpm} * 19$$

4.2. PROGRAMA MICROMASTER 420

La programación que se debe realizar en el MM420 tiene que ser la siguiente:

- Entrada digital 1: Avance.
- Entrada digital 2: Retroceso.
- Tiempo de subida: 500 ms.
- Tiempo de bajada: 500 ms.
- Característica tensión/frecuencia: lineal.

Para configurar el Micromaster se deben realizar los siguientes pasos:

1. Abrir el STARTER.
2. Crear un nuevo proyecto.
3. Introducir nuestro dispositivo.
4. Configurar el motor. Lo podemos hacer manualmente introduciendo los valores de la placa de características del motor o hacerlo automáticamente. Para ello debemos pulsar el botón online y darle a Motor Identification en la pantalla configuration.
5. Cambiamos las funciones y parámetros especificados en el apartado anterior.
6. Por último, ponemos el programa en Online y cargamos el proyecto.
7. Desde la pantalla control panel podemos visualizar el funcionamiento del MM420 y el motor.

Nota.: Para encender el Micromaster el interruptor **Q1** del armario eléctrico debe estar activado.

4.3. PROGRAMA PANEL OPERADOR.

Se debe programar el panel de operador para poder visualizar el funcionamiento del puesto y poder modificar los parámetros relacionados del mismo. Para ello se han de programar una serie de pantallas que se centran en diferentes aspectos del funcionamiento del sistema. Las pantallas a diseñar son las siguientes:

- **Imagen inicial.**

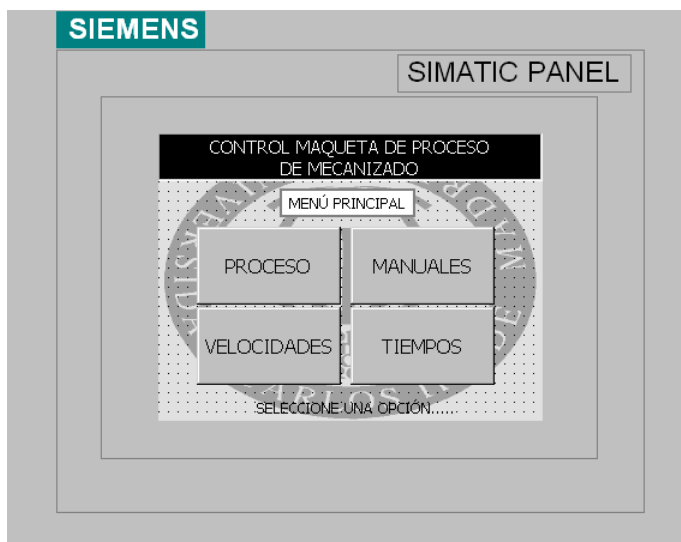
La primera pantalla a configurar sirve de bienvenida al usuario cuando se arranca el puesto de laboratorio. Debe incluir un botón que sirva para entrar en la pantalla de Menú Principal. La pantalla debe ser similar a la siguiente:



-Figura 11. Imagen inicial-

- **Menú Principal.**

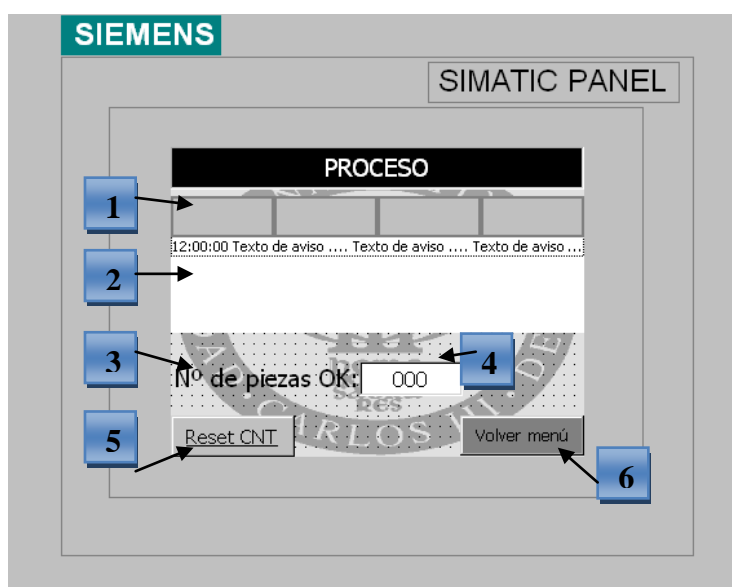
Esta pantalla es el menú principal del menú principal desde la que se acceden al resto de pantallas implementadas. Debe contener cuatro botones que sirvan para acceder al resto de las pantallas. Debe ser similar a la siguiente imagen:



-Figura 12. Pantalla MENÚ PRINCIPAL-

- **Proceso.**

Esta pantalla es la principal de todas las implementadas. Esta pantalla es la que el usuario del puesto de mecanizado tendrá en pantalla durante el proceso de mecanizado. En esta pantalla se visualizan los avisos de servicio del sistema, que en qué punto del proceso de mecanizado se encuentra el puesto y sus parámetros. La pantalla implementada debe ser similar a la siguiente imagen, con los elementos que se detallan a continuación:



-Figura 13. Pantalla PROCESO-

1. Superficies de estado. Existirán cuatro objetos para informar el estado actual del proceso y que son: SERVICIO, MARCHA, REARME, RESET.

2. Ventana de avisos de servicio. Se debe configurar una pantalla para visualizar los siguientes avisos de servicio:

0. Relé térmico disparado !!!.
1. E M E R G E N C I A ! ! ! ! !.
2. 2Cilindro pisador en avance sujeta pieza.
3. Avance unidad de mecanizado a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
4. Unidad de mecanizado para taladro 1 a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
5. Fin taladro 1 desahogando, retirando unidad de mecanizado a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
6. Unidad de mecanizado para taladro 2 a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
7. Fin taladro 2 desahogando, retirando unidad de mecanizado a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
8. Unidad de mecanizado para taladro 3 a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
9. Fin taladro 3, desahogando y retirando a posición de reposo a velocidad {Velocidad_Actual} rpm.
10. Esperando la extracción de la pieza.
11. Esperando orden mediante el pulsador de marcha.
12. Esperando colocación de nueva pieza a taladrar.
13. Esperando a accionar el pulsador de servicio.

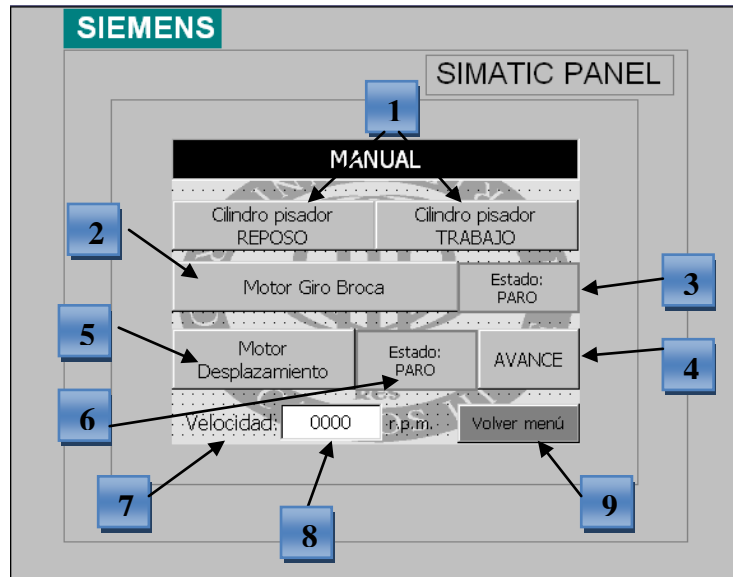
La configuración de estos textos deberá estar relacionada con el DB12 a partir del DBx0.0 creado en el programa del PLC. Se deberá configurar para que tan solo aparezca la hora en la que se ha producido el evento y el texto correspondiente.

Nota: El campo {Velocidad_Actual} es para que se indique en cada momento la velocidad que en ese momento está girando el motor de desplazamiento.

3. Campo de texto. Incorporar un campo de texto que indique "Piezas OK".
4. Campo de salida. En este campo deberá aparecer el valor actual del registro DB10.DBW0 que contendrá el número de piezas correctamente taladradas.
5. Botón. Se incorporará un botón para que realice la función de puesta a cero del registro de contaje de piezas correctamente taladradas.
6. Botón. Se utilizara para volver al menú principal.

- **Manual.**

Se ha de programar una pantalla con la función de realizar el proceso de mecanizado en modo manual. Desde esta pantalla el usuario controla el avance y retroceso de los elementos y la velocidad de giro del motor. La pantalla implementada será similar a la siguiente:



-Figura 14. Pantalla MANUAL-

1. Botones cilindro pisador. Insertar dos botones para que el cilindro pisador avance o retroceda, vinculándolo a las señales oportunas.
2. Botón motor giro broca. Con este botón se activa el movimiento del motor de giro de la broca mientras se esté pulsando.
3. Superficie de estado. Mediante esta superficie se informa del estado del motor de giro de broca. Tiene dos posibles estados que serán visualizados PARO y MARCHA.
4. Interruptor Avance/Retroceso. Mediante este botón se elige el sentido de giro del motor, teniendo dos opciones:



-Figura 15. Interruptor de Avance/Retroceso-

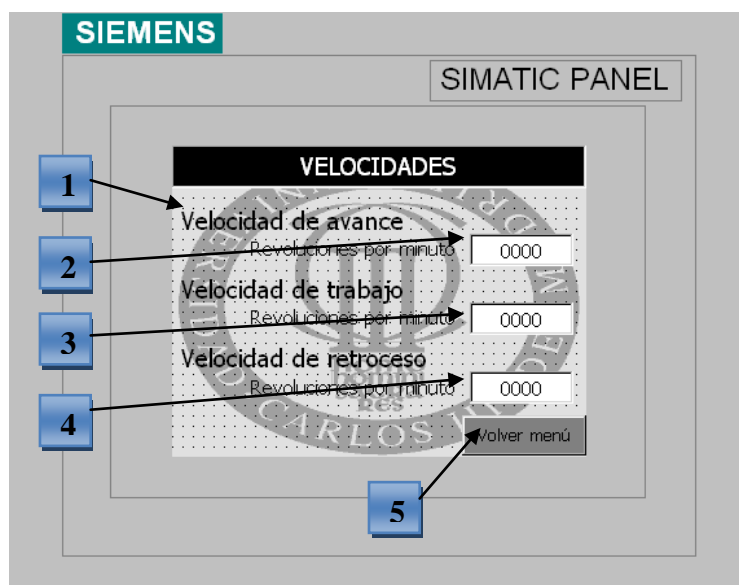
5. Botón motor de desplazamiento. Configurar un botón para que mientras se esté pulsando, el motor de desplazamiento gire en un sentido o en otro según se haya indicado mediante el interruptor Avance/Retroceso.
6. Superficie de estado. Mediante este objeto se informa del estado del motor, siendo estas PARO y MARCHA.
7. Campo de texto. Insertar este objeto con los textos "Velocidad" y "rpm" para aclarar la información.

8. Campo de entrada. Mediante este campo el usuario puede introducir el valor para la velocidad con la que pretende que funcione el motor de desplazamiento. Por seguridad se debe limitar el valor de entrada al rango 0-1350 rpm. Por defecto, tiene un valor de 200 rpm.
9. Botón. Insertar un botón para volver al menú principal.

Nota. Para la correcta programación de esta pantalla se han de crear algunas variables específicas para el ciclo de mecanizado manual en el programa del PLC.

• VELOCIDADES

Desde esta pantalla se modifican las velocidades que se utilizan durante el proceso de mecanizado en el ciclo automático. Se deben modificar las velocidades de avance, trabajo y retroceso. La pantalla debe ser similar a la siguiente, con los objetos que se detallan a continuación:



-Figura 16. Pantalla VELOCIDADES-

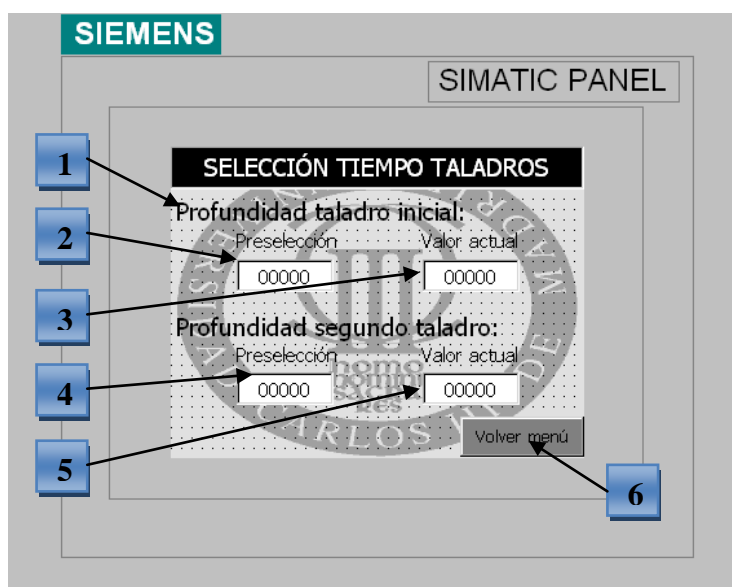
1. Campos de texto. Introducir campos de texto descriptivos de la pantalla.
2. Campo de entrada. Desde este primer campo de entrada se modifica el valor de la velocidad de avance. Esta velocidad es la que tiene el motor cuando se aproxima a alguna posición. Por defecto, 900 rpm.
3. Campo de entrada. Este campo sirve para modificar la velocidad de trabajo, que es la utilizada cuando la broca esta taladrando la pieza. Por defecto, 450 rpm.

4. Campo de entrada. Introducir un campo de entrada para modificar el valor de la velocidad de retroceso. Como su propio nombre indica, se utiliza cuando la unidad de desplazamiento retrocede hacia las posiciones de desahogo y reposo. Por defecto, 1350 rpm.
5. Botón. botón para retroceder al menú principal.

Nota. Por seguridad configurar los valores de entrada para que se ajusten al siguiente rango: 0-1350 rpm.

• TIEMPOS

Desde esta pantalla se visualizan y modifican los tiempos de mecanizado utilizados en proceso de mecanizado. La pantalla debe contener los elementos que se detallan a continuación y debe ser similar a la siguiente imagen:



-Figura 17. Pantalla TIEMPOS-

1. Campos de texto. Campos de texto descriptivos para la comprensión de la pantalla.
2. Campo de entrada. Desde este campo se introduce el límite del temporizador 1 que indica la profundidad del primer taladro. Por defecto este primer taladro dura 5 segundos.
3. Campo de salida. En este campo se visualiza en segundos el valor actual del temporizador 1, cuando se está activado el primer temporizador.
4. Campo de entrada. Desde este campo de entrada se modifica el tiempo de mecanizado del segundo taladro del ciclo de automático. Por lógica, este valor tiene que ser mayor que el del primer taladro, ya que este taladro se realiza después del

primero y empezara a mecanizar transcurrido el tiempo definido en el primer taladro. Por defecto, 10 segundos.

5. Campo de salida. Desde este campo se visualiza el tiempo transcurrido del segundo taladro
6. Botón. Este botón es idéntico al de pantallas anteriores, para volver al menú principal.

Nota. Por seguridad, la entrada de valores de ambos temporizadores no debe ser mayor a 20 segundos.

5. ACTIVIDADES A REALIZAR

Las actividades a realizar en el puesto de mecanizado de taladro no pasante son las siguientes:

- Configurar los dispositivos de control y sus comunicaciones.
- Realizar el programa en el PLC descrito en el enunciado con los siguientes apartados:
 - Diagrama de estados para todas las secuencias y ciclos.
 - Tabla de variables
 - Programación en lenguaje de contactos (KOP), lista de instrucciones (AWL) o funciones (FUP).
- Realizar la programación del Micromaster 420 descrita en el enunciado.
- Realizar la programación del Panel Operador expresada en el enunciado, incluyendo todas las pantallas descritas.

6. SOLUCIONES

En el presente apartado se detallan las soluciones a los problemas planteados en anteriores apartados. La solución planteada abarca la configuración de los dispositivos utilizados, la programación de los diferentes dispositivos, así como, algunas consideraciones técnicas del funcionamiento del puesto de laboratorio.

6.1 Configuración

La configuración de los dispositivos de control utilizados en el puesto de laboratorio se centra en la configuración del equipo y la comunicación con el resto de dispositivo. La configuración de los equipos se realiza siguiendo los pasos de los asistentes de proyectos de cada uno de los paquetes de software específico de cada dispositivo e incluyendo algunas modificaciones. Las comunicaciones implementadas son de dos tipos: PC-Dispositivos y conexiones entre dispositivos.

- **Configuración PLC.**

La configuración del PLC se realiza mediante el administrador Simatic y sus diferentes aplicaciones. Tras iniciarlo aparece el asistente de proyectos, desde el que se realiza gran parte de la configuración del PLC.

En este caso el modelo de CPU del autómatas programable utilizado es el 314C-2DP. Una vez finalizadas todas las pantallas del asistente de proyectos se realiza la configuración del hardware, para incluir los componentes que conforman el PLC. Se realiza desde la aplicación HW Config. En primer lugar, se modifica la CPU insertada por defecto, ya que no coincide con la del puesto de laboratorio, en concreto es la referencia 6ES7 314-6CG03-0AB0). A continuación, se añade la fuente de alimentación en el slot 1 del bastidor, el modelo PS307 5A. Otros aspectos a configurar son: el rango de tensión de la salida analógica, 0-10 v; los valores de las entradas y salidas (Digitales 124 y 125; Analógicas PAW 752).

- **Configuración Variador de frecuencia.**

La aplicación específica para la configuración del Variador de Frecuencia es el STARTER. Una vez iniciado aparece el asistente desde el cual se realiza la mayor parte de la configuración. Desde este asistente se introducen las especificaciones del variador de frecuencia utilizado. Las especificaciones a introducir son las siguientes:

- Dispositivo: Micromaster.
- Tipo: 420.
- Versión: 1.2x.
- Dirección de Bus: 0.
- Nombre: MM420.

A continuación, se deben introducir las características del motor utilizado. Se realiza desde el asistente que aparece al pulsar la ventana Configuration del árbol de la derecha. Las especificaciones a introducir son las siguientes:

- Región: Europa.
- Tipo motor: Asíncrono.
- tensión: 230 v.
- Intensidad: 0,73 A.
- Potencia: 0,12 KW.
- Velocidad: 1350 rpm.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Cosφ: 0.
- Ventilación: Auto ventilado.
- Modo funcionamiento: Lineal V/f.
- Fuente de señales de control: Terminales.

- Fuente de velocidad: analógica.
- Factor de sobrecarga del motor: 150 %.
- Frecuencia mínima: 0 Hz.
- Frecuencia máxima: 50 Hz.
- Rampa de subida: 10 seg.
- Rampa de bajada: 10 seg.

Con la introducción de todos estos parámetros, ya está configurado el variador de frecuencia, listo para ser programado.

- **Configuración Panel de operador.**

Al igual que en los anteriores dispositivos, la configuración del Panel de operador se realiza desde el asistente de proyectos, en este caso del WinCC. La configuración se basa en la introducción del tipo de dispositivo utilizado. Las opciones a seleccionar en el asistente son:

- Tipo de maquina: Pequeña.
- Comunicación con PLC: MPI.
- Tipo de PLC: S7 300/400.

- **Configuración de comunicaciones.**

Las comunicaciones a configurar son las existentes entre cada uno de los dispositivos y el ordenador del puesto de laboratorio y las comunicaciones entre dispositivos.

- **PC-PLC.-** La comunicación del PLC con el ordenador se realiza mediante el PC-Adapter. La función de este dispositivo es conectar un PC con el puerto MPI/DP de un sistema S7 a través de un puerto USB.

La configuración se realiza mediante la aplicación Ajustar internase PG/PC del administrador SIMATIC. Las especificaciones de esta comunicación son las siguientes:

- Conexión: PC Adapter (MPI).
 - Puerto: USB.
 - Dirección: 0.
 - Velocidad de transferencia: 19,2 Kbits/s.
- **PC-Micromaster.-** La comunicación se realiza mediante el protocolo RS485. Para ello se ha instalado en el PC del puesto de laboratorio una tarjeta que suministra un puerto 485. La configuración se realiza desde la ventana Terminal/Bus del árbol de la derecha. Dentro de esta ventana, se accede a la pestaña USS/Profibus. En esta pantalla se selecciona la opción USS vía 485 (terminales 14 y 15) y la velocidad de transferencia a 9600 baudios.

- **PC-Panel de Operador.-** La comunicación se realiza mediante el protocolo RS232 entre el puerto COM del PC y el puerto RS232 (IF1A) del panel de operador.
- **Red MPI.-** Para la transferencia de información entre el autómata programable y el panel de operador se ha implementado una red MPI. La información que intercambian ambos dispositivos son los bloques de datos de avisos de servicio, velocidades y tiempos, las variables necesarias para el funcionamiento en modo manual del puesto y el estado de las entradas y salidas del sistema. La red se crea desde la aplicación NetPro. Las especificaciones de la red son las siguientes:
 - Tipo: MPI.
 - Dispositivos: PLC, PC, Panel de operador.
 - Velocidad de transferencia: 187,5 Kbits/s.
 - Número máximo de dispositivos: 31.
 - Dirección 0: PC.
 - Dirección 1: Panel de operador.
 - Dirección 2: autómata Programable.

Para configurar cada uno de los dispositivos de la red y conectarlos a la red se accede a las propiedades de cada uno de ellos desde la aplicación NetPro. Se le asigna la dirección a cada uno de ellos y se conecta a la red MPI.

Para finalizar esta configuración se deben introducir los parámetros de la red en la aplicación WinCC, para posteriormente transferirlo al panel de operador. Desde la ventana Comunicación del árbol del WinCC, se accede a la pestaña Conexiones. Las especificaciones a introducir son las siguientes:

- Panel de operador:
 - Interfaz: IF1 B.
 - Tipo: Simatic.
 - Velocidad de transferencia: 187,5 Kbits/s.
 - Dirección 1.
 - Único maestro del bus: Si.
- Red:
 - Perfil: MPI.
 - Max. Dirección de estación: 31.
 - Número de maestros: 1.
- Autómata:
 - Dirección: 2.
 - Slot de expansión: 0

- Bastidor: 0
- Proceso cíclico: Si.
- **PLC-Variador de frecuencia.** Durante el funcionamiento del sistema la comunicación existente entre ambos dispositivos se basa en las dos señales digitales de control. Ordenan al variador de frecuencia cuando tiene que girar el motor en un sentido u en otro. Estas señales son las salidas digitales RK2 (A125.6) y RK3 (A125.7) del PLC y entradas digitales del variador de frecuencia DIN1 (terminal 5) y DIN2 (terminal 6), respectivamente.

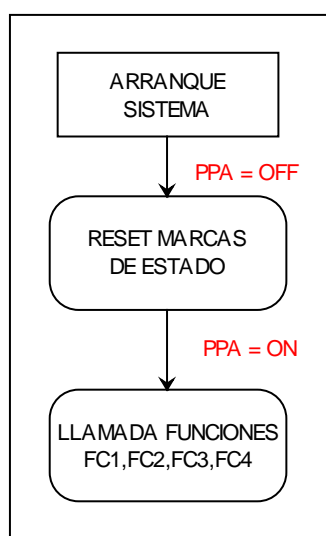
6.2 Programación

En este apartado se da una solución a la programación de cada uno de los dispositivos de control, para que se desarrolle correctamente la aplicación propuesta en apartados anteriores. La solución al ejercicio propuesto se ha dividido en varios apartados: Diagramas de Estado, Tablas de variables y E/S utilizadas, y por último, las soluciones específicas de cada uno de los dispositivos.

6.2.1 Diagramas de Estado

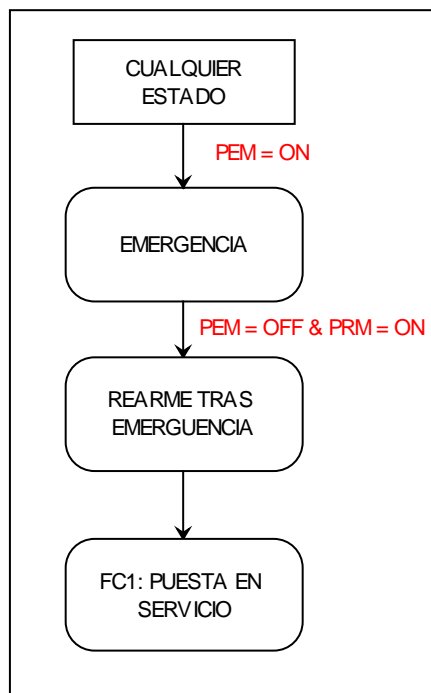
Se han diseñado una serie de diagramas de estado que sintetizan el funcionamiento del puesto de laboratorio. Estos flujogramas representan la programación realizada en el autómatas programable, en concreto, todas las secuencias de funcionamiento del mecanizado de las piezas.

El primer diagrama de estados representa el arranque del puesto de laboratorio, reseteando todas las marcas y registros:



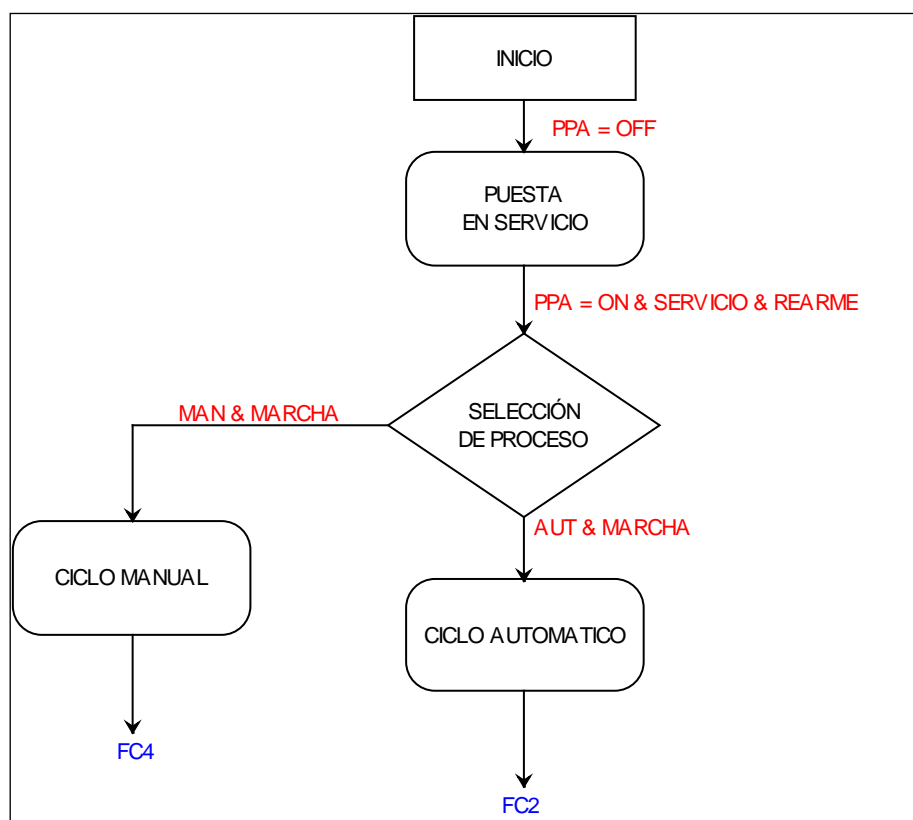
-Figura 18. Flujograma Arranque del puesto-

En este flujograma se indican las acciones que realiza el sistema cuando sucede una emergencia y es pulsada la seta de emergencia. Incluyendo las operaciones para rearmar tras solucionar la posible emergencia:



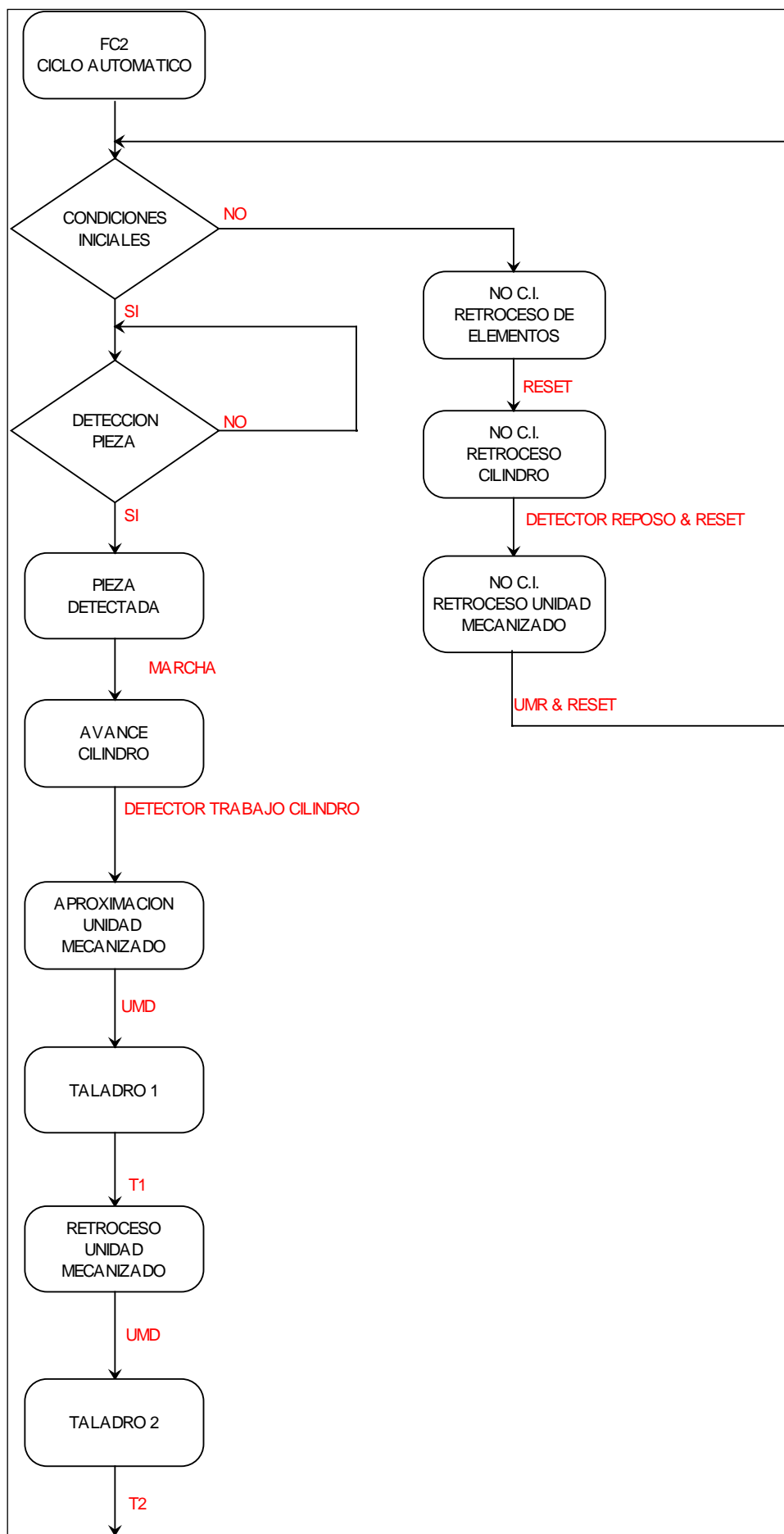
-Figura 19. Flujograma Emergencia-

En este, se sintetiza la puesta en servicio del sistema y la selección del tipo de mecanizado: manual o automático:

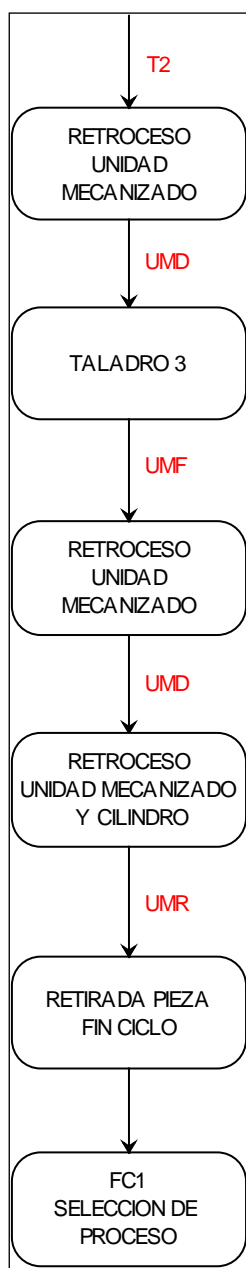


-Figura 20. Flujograma Puesta en servicio y selección de proceso-

En este último diagrama de estado, se representa el ciclo de mecanizado automático, indicando las operaciones que realiza el sistema y las acciones que tienen que realizar el operador para continuar con el proceso.



Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado



-Flujograma 21. Flujograma ciclo de mecanizado automático-

6.2.2 Tablas de Entradas, Salidas y Variables.

En las siguientes tablas se observan todas las variables, entradas y salidas utilizadas en la programación del puesto de laboratorio. Se indican la dirección de cada una de ellas, el tipo de dato y una breve descripción de cada una de ellas. También se incluyen los bloques de datos creados para el intercambio de información entre el PLC y el panel de operador.

▪ Entradas digitales

En esta tabla aparecen todas las entradas digitales del puesto de laboratorio. En la programación del PLC las direcciones de las entradas están precedidas de la letra E, mientras que en el panel de operador las precede la letra I.

ENTRADAS DIGITALES			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
PSE	E 124.0	BOOL	Pulsador de servicio
PPA	E 124.1	BOOL	Selector principal
PMA	E 124.2	BOOL	Pulsador de marcha
PRM	E 124.3	BOOL	Pulsador de rearme
AUT	E 124.4	BOOL	Selector automatico/manual
PRS	E 124.5	BOOL	Pulsador de reset
PEM	E 124.6	BOOL	Seta de emergencia
UMR	E 124.7	BOOL	F. carrera reposo unidad de mecanizado
UMD	E 125.0	BOOL	F. carrera desahogo viruta
UMF	E 125.1	BOOL	F. carrera fin desplaz. unidad mecanizado
TP	E 125.2	BOOL	Detector trabajo cilindro pisador
RP	E 125.3	BOOL	Detector reposo cilindro pisador
SP	E 125.4	BOOL	Detector control presencia pieza
	E 125.5	BOOL	
NA	E 125.6	BOOL	Estado térmico del motor
KE1	E 125.7	BOOL	Estado del modulo de seguridad

-Tabla 4. Entradas digitales-

▪ Salidas digitales

En la siguiente tabla aparece la codificación de las salidas digitales utilizadas en el puesto de laboratorio. Al igual que con las entradas las direcciones tienen diferente simbología en el PLC y en el Panel de operador. En este caso en el PLC se representan con una A y en el panel de operador con una Q.

SALIDAS DIGITALES			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
HS	A124.0	BOOL	Luz de servicio
HM	A124.1	BOOL	Luz de marcha
HR	A124.2	BOOL	Luz de rearme
HRST	A124.3	BOOL	Luz de reset
RM1	A124.4	BOOL	Contactor alimentación motor
H_MD	A124.5	BOOL	Led movimiento motor desplazamiento
H_MG	A124.6	BOOL	Led movimiento motor giro broca
H_REP	A124.7	BOOL	Led reposo
N	A125.0	BOOL	Led indicación fin desahogado
K	A125.1	BOOL	Led realizado taladro 1
L	A125.2	BOOL	Led realizado taladro 2
M	A125.3	BOOL	Led realizado taladro 3
EVG	A125.4	BOOL	Led indicación avance cilindro pisador
EVH	A125.5	BOOL	Led indicación retroceso cilindro pisador
RK2	A125.6	BOOL	Giro variador
RK3	A125.7	BOOL	Giro inverso variador

-Tabla 5. Salidas digitales-

▪ Salidas analógicas

En el puesto de laboratorio solo se ha utilizado una salida analógica que se observa en la siguiente tabla:

SALIDAS ANALOGICAS			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
V_MOT	PAW752	INT	Velocidad del motor de desplazamiento

-Tabla 6. Salidas analógicas-

▪ Variables

Para el correcto funcionamiento del puesto de laboratorio ha sido necesaria la creación de una serie de variables, que son descritas a continuación:

VARIABLES			
SÍMBOLO	DIRECCIÓN	TIPO DATO	COMENTARIO
RESET	M 4.0	BOOL	Reset del contador de piezas
EVH_M	M 4.1	BOOL	Retroceso cilindro manual
EVG_M	M 4.2	BOOL	Avance cilindro manual
H_MG_M	M 4.3	BOOL	Led motor giro broca manual
AVANCE	M 4.4	BOOL	Avance o retroceso manual
RM1_M	M 4.5	BOOL	Contactor alimentacion motor manual
RK2_M	M 4.6	BOOL	Giro variador manual
H_MD_M	M 4.7	BOOL	Led motor desplaz manual

-Tabla 7. Variables-

▪ Bloque de datos DB10

Se ha creado un bloque de datos para el intercambio de información entre el autómata y el panel de operador mediante la red MPI. Este primer bloque de datos incluye el contador de piezas mecanizadas y los diferentes tipos de velocidades utilizados en el proceso de mecanizado.

BLOQUE DE DATOS DB10			
SÍMBOLO	DIRECCION	TIPO DATO	COMENTARIO
piezas	DB10.DBW0	INT	Numero de piezas mecanizadas
temporizador	DB10.DBW2	S5TIME	Valor cargado en T1
temporizador_1	DB10.DBW4	S5TIME	Valor actual en T1
temporizador_2	DB10.DBW6	S5TIME	Valor cargado en T2
temporizador_3	DB10.DBW8	S5TIME	Valor actual en T2

-Tabla 8. Bloque de datos DB10-

▪ Bloque de datos DB12

Este bloque de datos incluye los avisos de servicio creados para informar del funcionamiento del puesto de laboratorio.

BLOQUE DE DATOS DB12			
SIMBOLO	DIRECCION	TIPO DATO	COMENTARIO
Aviso servicio 0	DB12.DBX1.0	BOOL	Relé térmico disparado
Aviso servicio 1	DB12.DBX1.1	BOOL	Emergencia
Aviso servicio 2	DB12.DBX1.2	BOOL	Avance cilindro pisador
Aviso servicio 3	DB12.DBX1.3	BOOL	Avance unidad de mecanizado a velocidad ...rpm
Aviso servicio 4	DB12.DBX1.4	BOOL	Unidad de mecanizado taladro 1 a velocidad ...rpm
Aviso servicio 5	DB12.DBX1.5	BOOL	Fin taladro 1, retroceso a velocidad ...rpm
Aviso servicio 6	DB12.DBX1.6	BOOL	Unidad de mecanizado taladro 2 a velocidad ...rpm
Aviso servicio 7	DB12.DBX1.7	BOOL	Fin taladro 2, retroceso a velocidad ...rpm
Aviso servicio 8	DB12.DBX0.0	BOOL	Unidad de mecanizado taladro 3 a velocidad ...rpm
Aviso servicio 9	DB12.DBX0.1	BOOL	Fin taladro 3, retroceso a velocidad ...rpm
Aviso servicio 10	DB12.DBX0.2	BOOL	Esperando extracción de pieza
Aviso servicio 11	DB12.DBX0.3	BOOL	Esperando activación pulsador de Marcha
Aviso servicio 12	DB12.DBX0.4	BOOL	Esperando nueva pieza
Aviso servicio 13	DB12.DBX0.5	BOOL	Esperando activación pulsador de Servicio

-Tabla 9. Bloque de datos DB12-

▪ Bloque de datos DB14

Este último bloque de datos se ha desarrollado para almacenar y compartir los tipos de tiempos utilizados para determinar la profundidad de los taladros.

BLOQUE DE DATOS DB14			
SIMBOLO	DIRECCION	TIPO DATO	COMENTARIO
V_MOT1	DB12.DBX0	INT	Velocidad motor manual
V_MOT2	DB12.DBX2	INT	Velocidad motor avance
V_MOT3	DB12.DBX4	INT	Velocidad motor trabajo
V_MOT4	DB12.DBX6	INT	Velocidad motor retroceso
V_MOTA	DB12.DBX8	INT	Velocidad motor actual

Tabla 10. Bloque de datos DB14-

6.2.3 Programación PLC.

El autómata programable es el dispositivo maestro del puesto de laboratorio, por lo que la mayor parte de las acciones se realizan en base a la programación del PLC. La programación se ha realizado mediante el Administrador Simatic y con las aplicaciones del mismo. El lenguaje de programación utilizado es el KOP o de contactos.

La programación de este dispositivo se ha dividido en un bloque de organización y en funciones. El bloque de organización OB1 sirve para iniciar el sistema, la llamada a las diferentes funciones y la secuencia de emergencia. Corresponde su programación a los diagramas de estado de arranque del sistema (Fig. 18) y de emergencia (Fig. 19)

En total se han creado cuatro funciones: FC1, puesta en servicio y selección de proceso; FC2, ciclo automático; FC3, ciclo manual y FC4 asignación de salidas.

La función FC1 corresponde al diagrama de flujo de la figura 20. En él se realiza la puesta en servicio del sistema accionando los pulsadores de servicio y rearme para preparar la máquina para el mecanizado de piezas. A continuación, se selecciona el tipo de mecanizado (manual o automático) mediante el selector oportuno.

La función FC2 es la programación del diagrama de flujo del ciclo de mecanizado automático (Fig. 21). Cuando se selecciona el ciclo automático arranca esta función. En primer lugar se comprueban las condiciones iniciales. A continuación, tras la colocación de una nueva pieza da comienzo el ciclo de mecanizado de la misma.

FC3 es la función creada para controlar el ciclo de mecanizado manual. Debido a que este tipo de mecanizado es controlado por el usuario desde el panel de operador la programación consiste en la entrada en esta función y la salida de la misma, cuando el selector de tipo de mecanizado se coloca en la posición AUT.

La función FC4 es la parte de la programación en la que se activan las salidas dependiendo del estado en que se encuentre el sistema y de las condiciones específicas de cada una de ellas. Además, también se incluyen en esta función los segmentos de programas dedicados a los temporizadores utilizados, el contador de piezas, las conversiones de velocidades y la activación de los avisos de servicio.

En el apéndice B del presente documento se encuentran todos los segmentos que componen la programación del autómata programable.

6.2.4 Programación Variador de Frecuencia.

La programación de este dispositivo se puede realizar desde el PC mediante la aplicación STARTER o desde el panel de operador básico BOP instalado en el mismo. La programación desde el BOP se realiza modificando diferentes parámetros del dispositivo, mientras que desde el PC se realiza desde una aplicación grafica. Se ha optado por la programación desde el STARTER al ser más visual e intuitiva.

La programación se basa en diferentes aspectos o parámetros que se detallan a continuación:

- función de las entradas digitales. El primer aspecto es asignar una función a cada una de las entradas digitales cableadas. La programación se realiza desde la pestaña “Digital Inputs”, de la ventana “Terminal/Bus”. Primero se selecciona la opción Terminal en la selección de fuentes de control. A la entrada digital 1 (RK2) se la asigna la función ON/OFF y la entrada digital 2 (RK3) la función Reverse.
- Entrada analógica. En primer lugar, se configura el rango de la entrada analógica V_MOT desde la pestaña “Analog Input” de la ventana “terminal/Bus” a la opción unipolar 0-10 voltios. A continuación, se configura la curva característica que determinara la frecuencia del motor en función del valor de tensión de entrada. En la ventana “limits” se configura dicha curva. Primero en la pestaña frecuencia se configura el rango (0-50 Hz) y las rampas de subida y bajada (0,5 s ambas). Desde la pestaña de configuración de la rampa de función se selecciona el tipo “continuos smoothing”.

6.2.5 Programación Panel de Operador.

La programación de este dispositivo se realiza mediante la aplicación WinCC flexible. La función del panel de operador TP170A es informar del proceso de mecanizado al operador. Desde las diferentes pantallas creadas se puede visualizar y modificar parámetros referentes al proceso de mecanizado.

En total se han creado cuatro pantallas: Proceso, Manual, Tiempos y Velocidades, que en anteriores apartados han sido descritos detallando los elementos que contienen cada una de ellas.

Aparte de este documento, existe otro específico creado para este puesto de laboratorio en el que se explica detalladamente la programación y configuración del panel de operador.

CAPÍTULO 6

Conclusiones.

6.1 APORTACIONES.

El presente capítulo presenta los resultados obtenidos en el proyecto *“Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automático”*. Además, se indican los diferentes puntos en los que se ha de seguir trabajando y se resaltan las necesidades y problemas encontrados en el proceso y puesta en marcha del puesto de laboratorio. Finalmente, se plantean varias propuestas para la modificación y mejora del puesto de laboratorio y las aplicaciones desarrolladas para el mismo.

EL presente proyecto surge de la necesidad de incorporar un nuevo puesto de laboratorio para las prácticas docentes en la universidad. En este puesto se integran diferentes sistemas de control y supervisión que pueden aparecer en una instalación automatizada. Se cumple con la necesidad de completar la formación de alumnos con estudios relacionados con las técnicas de automatización y control de procesos, ante su inminente inserción en el mundo laboral.

En primer lugar se ha realizado la colocación de todos los componentes en el armario eléctrico y la supervisión de los componentes de la maqueta.

Posteriormente se ha procedido al cableado de todos los componentes siguiendo los esquemas eléctricos suministrados por el fabricante. Comenzando por el cableado de los circuitos de alimentación, continuando con el de las E/S digitales y analógicas, y finalizando con las comunicaciones entre los dispositivos de control y supervisión.

Las comunicaciones existentes entre los dispositivos son: Red MPI, formada por PLC 314C-2DP, el panel de operador TP170A y el ordenador; conexión serie RS485 entre el ordenador y el variador de frecuencia MM420 y la comunicación mediante señales analógicas y digitales entre el PLC y el variador de frecuencia. De esta forma se consigue establecer los enlaces que permiten el intercambio de información entre todos los dispositivos de automatización y supervisión del puesto de laboratorio.

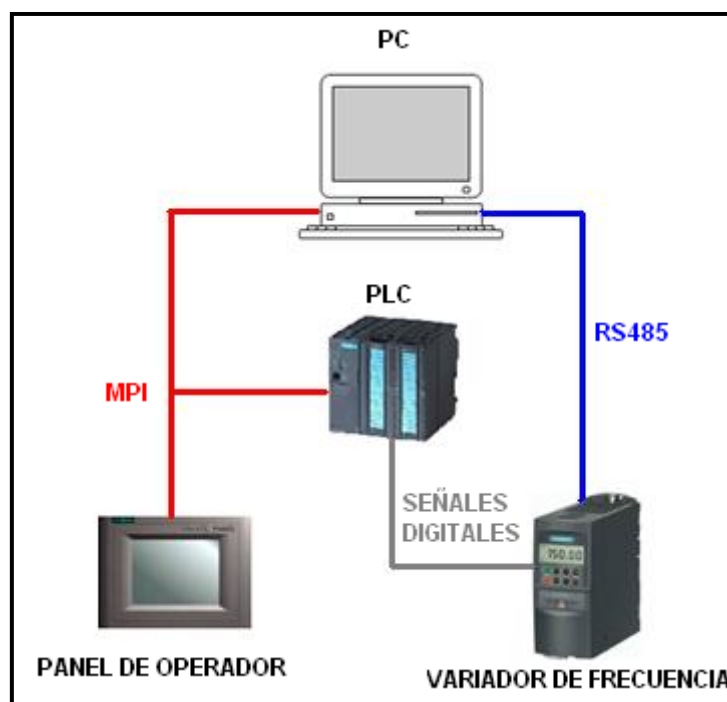


Figura 6.1. Esquema de conexiones.

Tras comprobar el correcto cableado de todos los componentes se ha procedido a la configuración de los dispositivos de control. Cada una de estas configuraciones se ha realizado mediante la aplicación software apropiada: El PLC mediante el Administrador Simatic, el panel de operador desde la herramienta WinCC y el Variador de frecuencia desde el Starter. Dentro de las tareas de configuración se incluyen las operaciones necesarias para las comunicaciones entre los diferentes dispositivos.

Tras la configuración de los dispositivos, se ha procedido a diseñar una aplicación que utilice los recursos del sistema, que a su vez, servirá de ejemplo de las tareas que realizarán los alumnos en las prácticas docentes.

La aplicación consiste en el mecanizado de un taladro no pasante de forma automatizada. Para ello la automatización se realiza desde el PLC, en comunicación con el variador de frecuencia y el panel de operador. El control del proceso automatizado se realiza desde la botonera de la puerta del armario y la supervisión desde las diferentes pantallas creadas en el panel de operador. Desde estas pantallas se visualiza el proceso y se modifican las velocidades del motor y la profundidad de los taladros. Además, se ha implementado un ciclo de mecanizado manual en el que el control del proceso lo realiza el operador desde una pantalla específica del panel de operador. La función del variador de frecuencia, es controlar el funcionamiento del motor dependiendo de las instrucciones del PLC.

Una vez diseñada la aplicación se ha programado en cada uno de los dispositivos de control y se ha comprobado que el funcionamiento cumple con las especificaciones de la aplicación.

El último paso es la creación de sendos manuales de uso del puesto de laboratorio, tanto para alumnos como para profesores.

Se ha conseguido el cableado y puesta en marcha del puesto de laboratorio, implementando una aplicación que comprueba el correcto funcionamiento de todos los componentes del puesto de laboratorio. Por lo tanto se ha obtenido el objetivo del presente proyecto.

6.2 FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Este apartado presenta una serie de posibles ampliaciones y mejoras que pueden llevarse a cabo en el puesto de laboratorio.

- **Integración en otros puestos de laboratorio existentes.**

Una de las posibles mejoras que se pueden realizar en el puesto de laboratorio consiste en integrarlo en una red Profibus con otros puestos de laboratorio. Mediante el interface DP del autómatas programable se puede integrar este puesto de laboratorio en alguna red Profibus.

Por ejemplo, se podría crear una célula de fabricación, compuesta por diferentes puestos en los que se mecanizarían diferentes procesos de la fabricación de la pieza, siendo en este puesto donde se realizaría un taladro.

- **Modificación de aplicación.**

Partiendo de la aplicación existente se podrían realizar algunas modificaciones en la misma para realizar otro tipo de aplicación.

Por ejemplo, se podría realizar el taladro de diferentes tipos de piezas con diferentes tipos de mecanizado. Para llevar a cabo esta

modificación sería necesario adaptar la programación en el PLC y en el panel de operador.

En el PLC se tendría que añadir una secuencia en la que seleccione el tipo de pieza a mecanizar. A continuación, se tendría que realizar una nueva función para cada uno de los tipos de pieza, que automatice el proceso de mecanizado. También se deberían realizar modificaciones en la función de asignación de salidas.

Mientras en el panel de operador se deberían hacer algunas modificaciones. La primera de ellas sería una pantalla dedicada a la selección del tipo de pieza. Por otro lado se deberían crear nuevos avisos de servicio específicos a cada tipo de pieza, para que sean mostrados en la pantalla de proceso.

- **Modificaciones de la maqueta.**

También se pueden realizar algunas modificaciones en la maqueta. Estas modificaciones irían desde modificar simplemente la imagen ilustrativa a la incorporación de nuevos sensores y actuadores.

Actualmente, el cilindro neumático que realiza la función de sujetar la pieza durante el proceso de mecanizado está representado por leds. Una modificación sería la sustitución de estos leds por un cilindro neumático real y una válvula neumática, que realice el control de dicho cilindro. Esta modificación no conllevaría la modificación de los programas de automatización.

Otra posible modificación en la maqueta sería la incorporación de nuevos sensores y actuadores. En consonancia con la modificación de la aplicación en la que se pueden modificar diferentes tipos de piezas, se podrían realizar modificaciones en la maqueta. Al ser diferentes tipos de piezas, estas tendrán diferentes dimensiones por lo que la situación actual de la unidad de mecanizado no realizaría el taladro en el lugar adecuado de la pieza.

Para ello se puede añadir un nuevo sistema de soporte. Este consistiría en una base móvil que cambiaría su posición mediante un cilindro neumático. Los elementos a incluir serían: un cilindro neumático y la válvula de control, una serie de detectores de presencia para cada una de las posiciones de mecanizado. Esta modificación lleva aparejada la modificación de los programas de mecanizado y además la adquisición de un módulo de E/S digitales en el PLC, ya que actualmente están usadas todas las salidas digitales del mismo.

CAPÍTULO 7

Presupuesto.

7.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se encuentra el presupuesto del Puesto de laboratorio. En la primera parte se detalla el coste de los elementos que componen el puesto de laboratorio y sus respectivos costes. En la segunda parte se encuentra el presupuesto completo del proyecto, que incluye los costes de construcción y puesta en marcha del puesto de laboratorio.

7.2 PRESUPUESTO

COMPONENTES DE AUTOMATIZACION

Referencia	Descripción	Unidades	Precio Unitario	Total
6ES7314-6CG03-0AB0	SIMATIC S7-300 CPU 314C-2DP	1	1.625,41 €	1.625,41 €
6ES7392-1AM00-0AA0	SIMATIC S7-300 Conector frontal	2	37,00 €	74,00 €
6ES7953-8LF11-0AA0	SIMATIC S7. Memory Card	1	41,00 €	41,00 €
6ES7972-0ABB50-0XA0	SIMATIC DP. Conector PROFIBUS	1	51,00 €	51,00 €
6GK1500-0EA02	SIMATIC NET. Conector de bus	1	52,00 €	52,00 €
6ES6420-2AB11-2AA1	MICROMASTER 420	1	170,71 €	170,71 €
6ES6400-0BP00-0AA0	Panel operador MICROMASTER	1	32,00 €	32,00 €
6ES7307-1EA00-0AA0	SIMATIC S7-300. Fuente de alimentacion PS307	1	149,00 €	149,00 €
6AV6545-0BA15-2AX0	Panel tactil TP170A	1	1.456,56 €	1.456,56 €
TOTAL				3.651,68 €

COMPONENTES ELECTRICOS Y ARMARIO

Referencia	Descripción	Unidades	Precio Unitario	Total
8GK2100-2KK23	Armario 800x600x250	1	153,43 €	153,43 €
8GK9515-5KK20	Puerta del armario	1	72,87 €	72,87 €
8GK9535-5KK20	Placa de montaje para fondo	1	34,15 €	34,15 €
8GK9120-5KK00	Paneles laterales	1	64,96 €	64,96 €
3RV1021-0FA15	Interruptor automatico. 6 A	1	46,58 €	46,58 €
3RV1921-1M	Interruptor de señalizacion para interruptor automatico	1	12,29 €	12,29 €
3RT1023-1PA00	Contactor	1	18,88 €	18,88 €
3RH1921-1FA22	Bloque sobrepuesto, 4 polos	1	8,02 €	8,02 €
RT1926-1ER00	Limitador de sobretension	1	8,15 €	8,15 €
5SY4104-7	Interruptor automatico. 4 A	7	8,57 €	59,99 €
5SY4216-7	Interruptor automatico. 16 A	1	33,00 €	33,00 €
5SM2622-6	Bloque diferencial. 300 mA	2	42,92 €	85,84 €
3LD2003-0TK51	Interruptor principal/emergencia	1	15,78 €	15,78 €
5SY4210-7	Interruptor automatico. 10 A	1	34,57 €	34,57 €
5TE6800	Base de enchufe	1	6,17 €	6,17 €
3TK2821-1CB30	Combinacion de seguridad	1	132,00 €	132,00 €
3RH1140-1BB40	Contactor auxiliar	5	22,52 €	112,60 €
3RH1911-1FA22	Bloque interruptores auxiliares	5	7,14 €	35,70 €
3RT1916-1EH00	Limitador de sobretension	5	5,39 €	26,95 €
3SB3245-0AA61	Pulsador luminoso blanco	1	12,81 €	12,81 €
3SB3245-0AA41	Pulsador luminoso verde	1	12,81 €	12,81 €
3SB3245-0AA31	Pulsador luminoso amarillo	1	12,81 €	12,81 €
3SB3245-0AA51	Pulsador luminoso azul	1	12,81 €	12,81 €
3SB3202-2KA11	Selector con enclavamiento	2	10,38 €	20,76 €
3SB3001-1CA21	Seta de emergencia	1	15,00 €	15,00 €

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

PRESUPUESTO

8WA1011-1DF11	Borne de paso	10	0,69 €	6,90 €
8WA1011-1BF23	Borne de paso	2	0,71 €	1,42 €
8WA1011-1PF01	Borne de paso	2	2,00 €	4,00 €
TOTAL				1.061,25 €

MAQUETA

Referencia	Descripción	Unidades	Precio Unitario	Total
1LA7060-4AB10	Motor monofasico 120 W	1	60,71 €	60,71 €
3SE2200-0E	Final de carrera	3	20,34 €	61,02 €
3RG4013-3AG01	Detector de proximidad inductivo	2	30,00 €	60,00 €
3RX8000-0CB32-1FA0	Conector M12 detectores	3	18,00 €	54,00 €
3RG1613-0AB00	Detector de proximidad capacitivo	1	85,00 €	85,00 €
TOTAL				320,73 €

Componentes de automatización	3.651,68 €
Componentes de alimentación y armario	1.061,25 €
Maqueta	320,73 €

TOTAL 5.033,66 €


UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
Escuela Politécnica Superior

PRESUPUESTO DE PROYECTO

1.- Autor:

Juan Diego Tena Fernández

2.- Departamento:

Ingeniería de Sistemas y Automática

3.- Descripción del Proyecto:

- Título **Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado**

- Duración (meses)

2

Tasa de costes indirectos:

20%**4.- Presupuesto total del Proyecto (valores en Euros):**

5.033,66 Euros

5.- Desglose presupuestario (costes directos)**PERSONAL**

Apellidos y nombre	N.I.F. (no rellenar - solo a título informativo)	Categoría	Dedicación (meses) ^{a)}	Coste hombre mes	Coste (Euro)	Firma de conformidad
Tena Fdez, Juan Diego	53133652H	Ingeniero Senior Ingeniero	2	4.289,54 2.694,39	0,00 0,00 5.388,78 0,00 0,00	
Hombres mes 2				Total	5.388,78	

^{a)} 1 Hombre mes = 131,25 horas. Máximo anual de dedicación de 12 hombres mes (1575 horas)
Máximo anual para PDI de la Universidad Carlos III de Madrid de 8,8 hombres mes (1.155 horas)

EQUIPOS

Descripción	Coste (Euro)	% Uso de dedicado proyecto	Dedicación (meses)	Periodo de depreciación	Coste imputable ^{a)}
Ordenador	500,00	100 100 100 100 100	2	60 60 60 60 60	16,67 0,00 0,00 0,00 0,00
Total					16,67

^{a)} Fórmula de cálculo de la Amortización:

$$\frac{A}{B} \times C \times D$$

A = nº de meses desde la fecha de facturación en que el equipo es utilizado

B = periodo de depreciación (60 meses)

C = coste del equipo (sin IVA)

D = % del uso que se dedica al proyecto (habitualmente 100%)

SUBCONTRATACIÓN DE TAREAS

Descripción	Empresa	Coste imputable
Total		0,00

OTROS COSTES DIRECTOS DEL PROYECTO^{a)}

Descripción	Empresa	Costes imputable
Puesto de laboratorio		5.033,66
Total		5.033,66

^{a)} Este capítulo de gastos incluye todos los gastos no contemplados en los conceptos anteriores, por ejemplo: fungible, viajes y dietas.**6.- Resumen de costes**

Presupuesto Costes Totales	Presupuesto Costes Totales
Personal	5.389
Amortización	17
Subcontratación de tareas	0
Costes de funcionamiento	5.034
Costes indirectos	2.088
Total	12.527

Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

APÉNDICE A

Esquemas eléctricos.

A 1. INTRODUCCIÓN.

En este apéndice se presentan los esquemas eléctricos de todo el puesto de laboratorio. Estos esquemas suministrados por el fabricante del puesto de laboratorio se han seguido minuciosamente en el primer paso de la puesta en marcha del presente proyecto, es decir, el cableado del puesto de laboratorio.

En total hay 23 esquemas eléctricos divididos en cuatro grupos:

- **ED.** Planos eléctricos. Dentro de este grupo se encuentran todos los esquemas del cableado del puesto de laboratorio.
- **PL.** Layout de comunicaciones. Grupo de esquemas dedicados a las comunicaciones entre los diferentes dispositivos.
- **SP.** Incluye un resumen de la entradas/salidas del PLC.
- **IP.** Leyenda de símbolos utilizados en los esquemas eléctricos.

A 2. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.

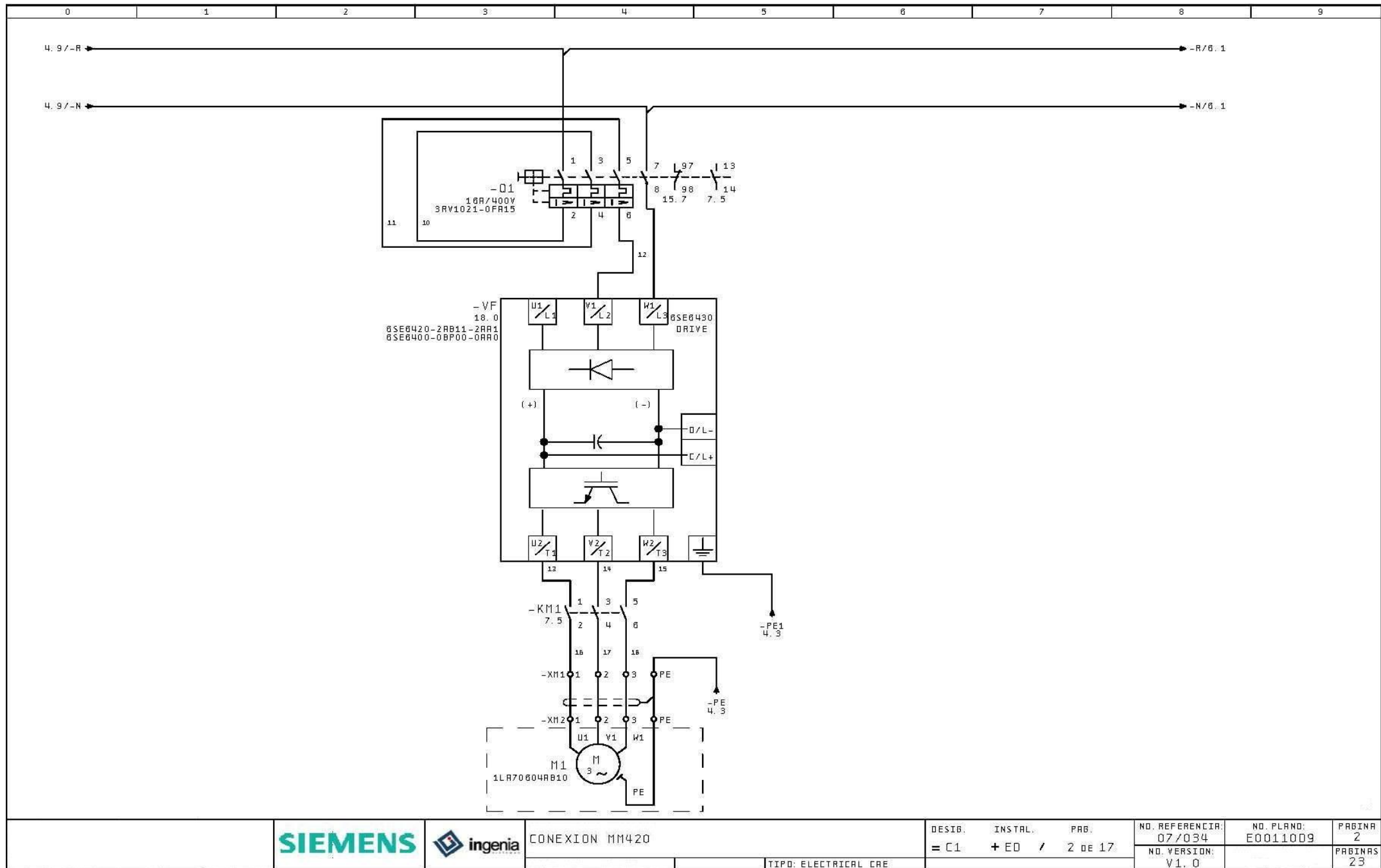
En este apartado se detallan todos los aspectos técnicos referentes a los circuitos eléctricos del puesto de laboratorio.

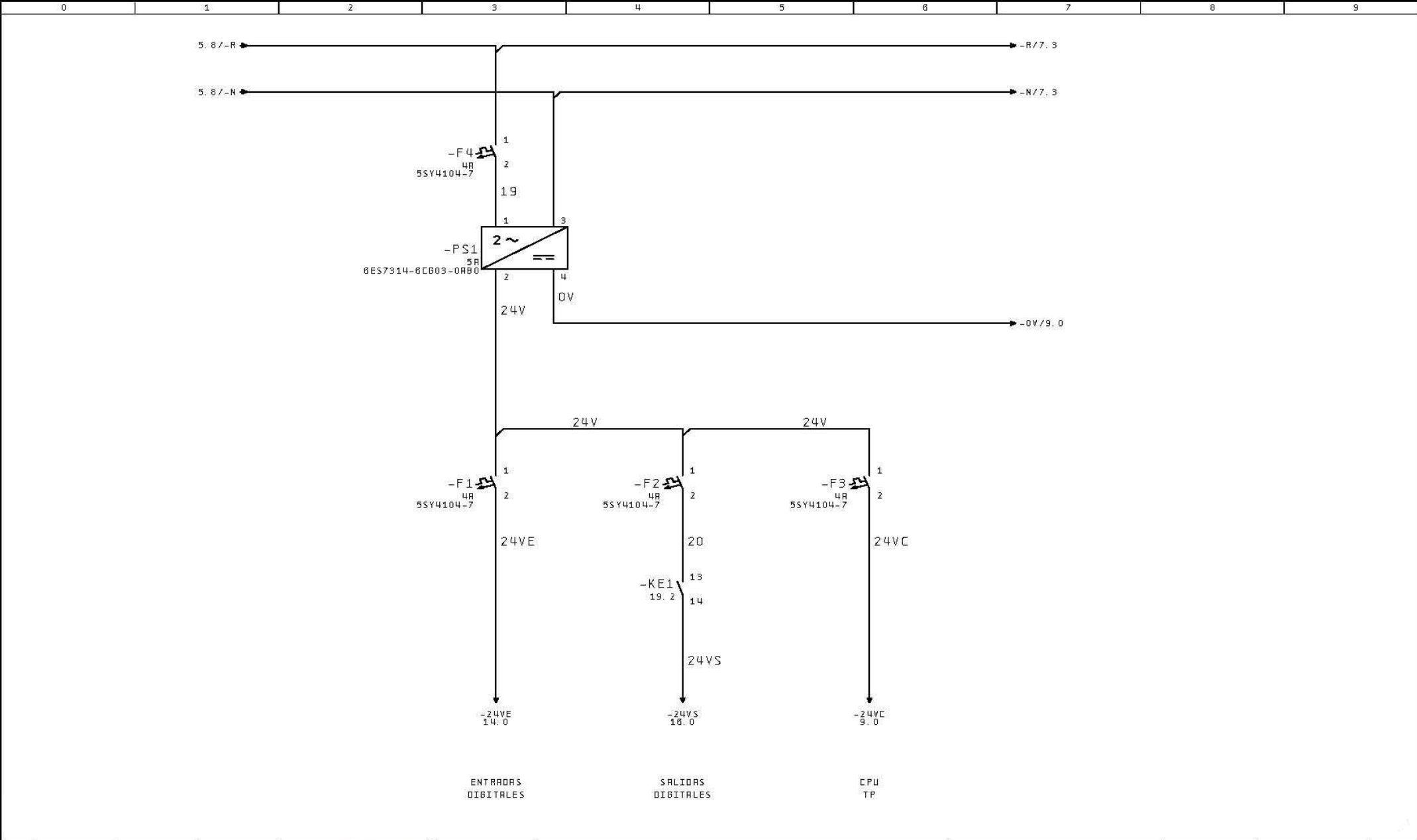
En primer lugar las tensiones del sistema son las siguientes:

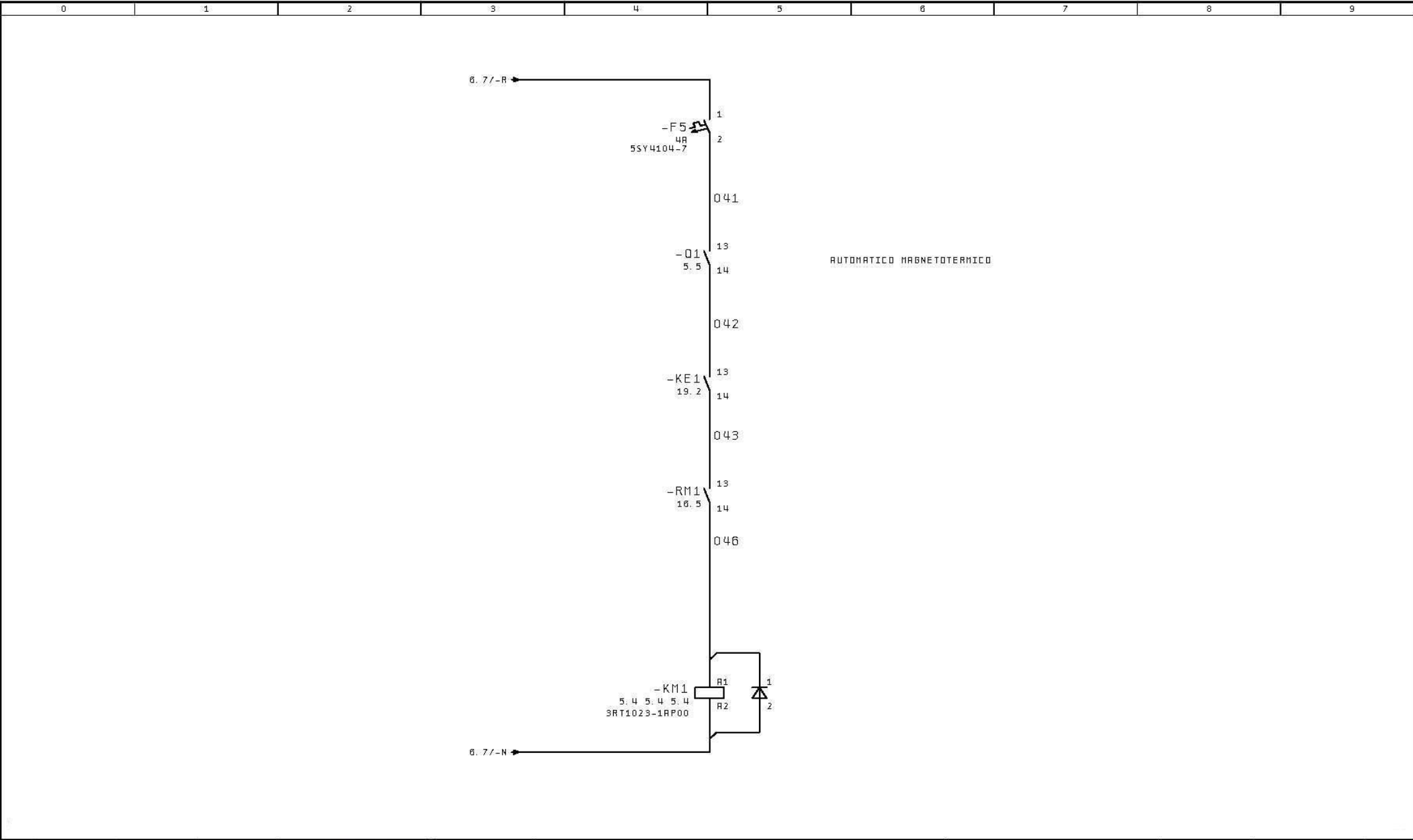
- Tensión de servicio: 230 V.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Potencia de conexión: 1 KW.
- Intensidad nominal: 3 A.
- Limite de corriente máxima: 16 A.
- Tensión de control AC: 230 V.
- Tensión de control DC: 24 V.

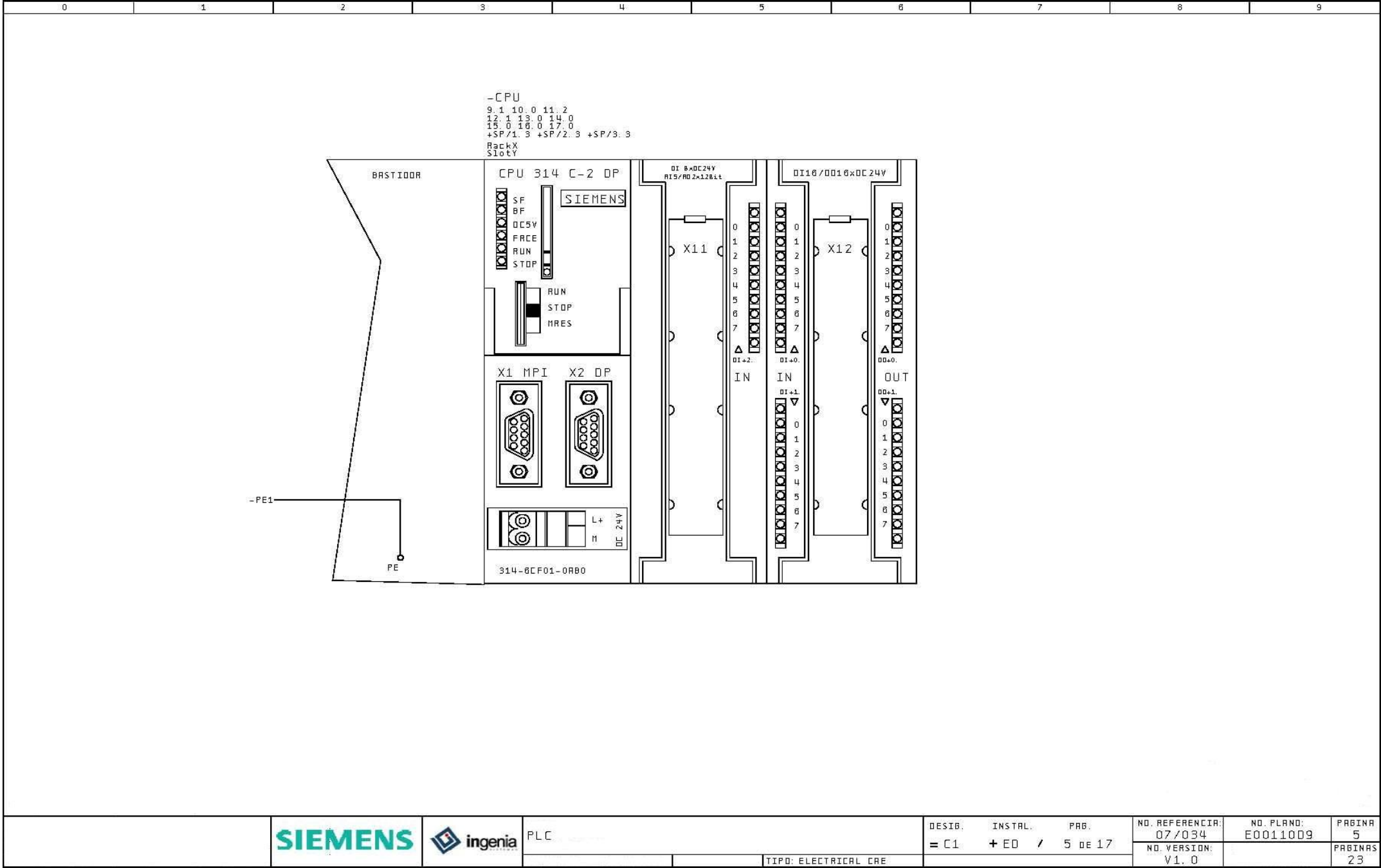
En total hay 6 tipos de circuitos dentro del puesto de laboratorio. En la siguiente tabla se detallan las características técnicas de los circuitos y los cables que forman parte de cada uno de los circuitos.

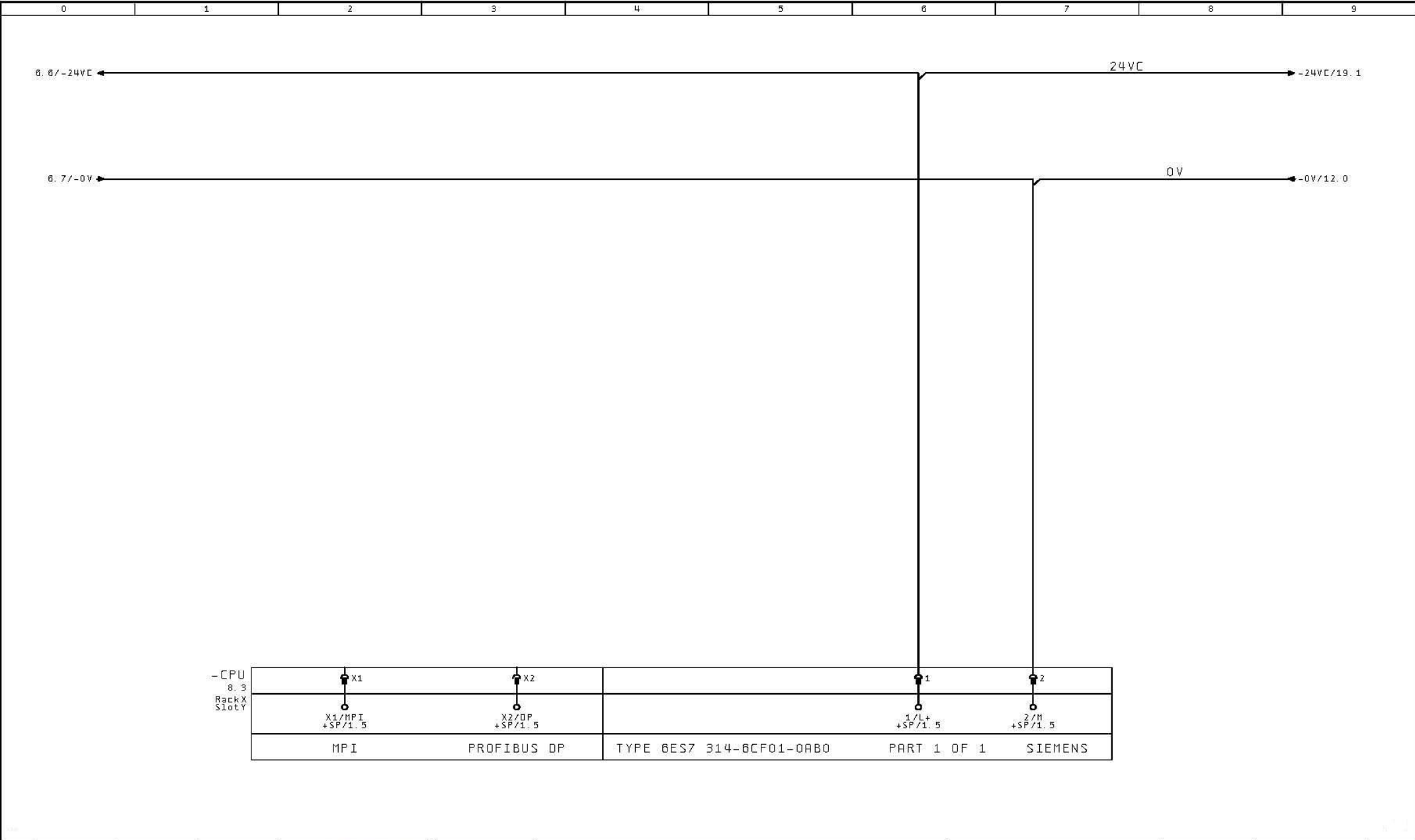
CIRCUITO	DESIGNACIÓN	COLOR	TENSIÓN	SECCIÓN	Nº HILOS
Circuito Principal	R	Negro	400V/AC	$\geq 2,5 \text{ mm}^2$	1
	S	Negro	400V/AC	$\geq 2,5 \text{ mm}^2$	1
	T	Negro	400V/AC	$\geq 2,5 \text{ mm}^2$	1
	N	Azul	0 V/AC	$\geq 2,5 \text{ mm}^2$	1
	PE	Amar/Verde		$\geq 2,5 \text{ mm}^2$	1
Circuito de Mando	L230	Gris	230V/AC	$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
	N230	Gris	0V/AC	$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
	PE	Amar/Verde		$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
Circuito de control	24V	Rojo	24V/DC	$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
	OV	Azul oscuro	0V/DC	$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
	PE	Amar/verde		$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
Tensión salida exterior	L230E	Naranja	230V/AC	$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
	OVE	Naranja	0V/AC	$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
	PE	Amar/verde		$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
Tensión Salida exterior	24VE	Naranja	24V/DC	$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
	OVE	Naranja	0V/DC	$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
	PE	Amar/verde		$\geq 1,5 \text{ mm}^2$	1
PLC E/S		Rojo	24V/DC	$\geq 0,5 \text{ mm}^2$	1

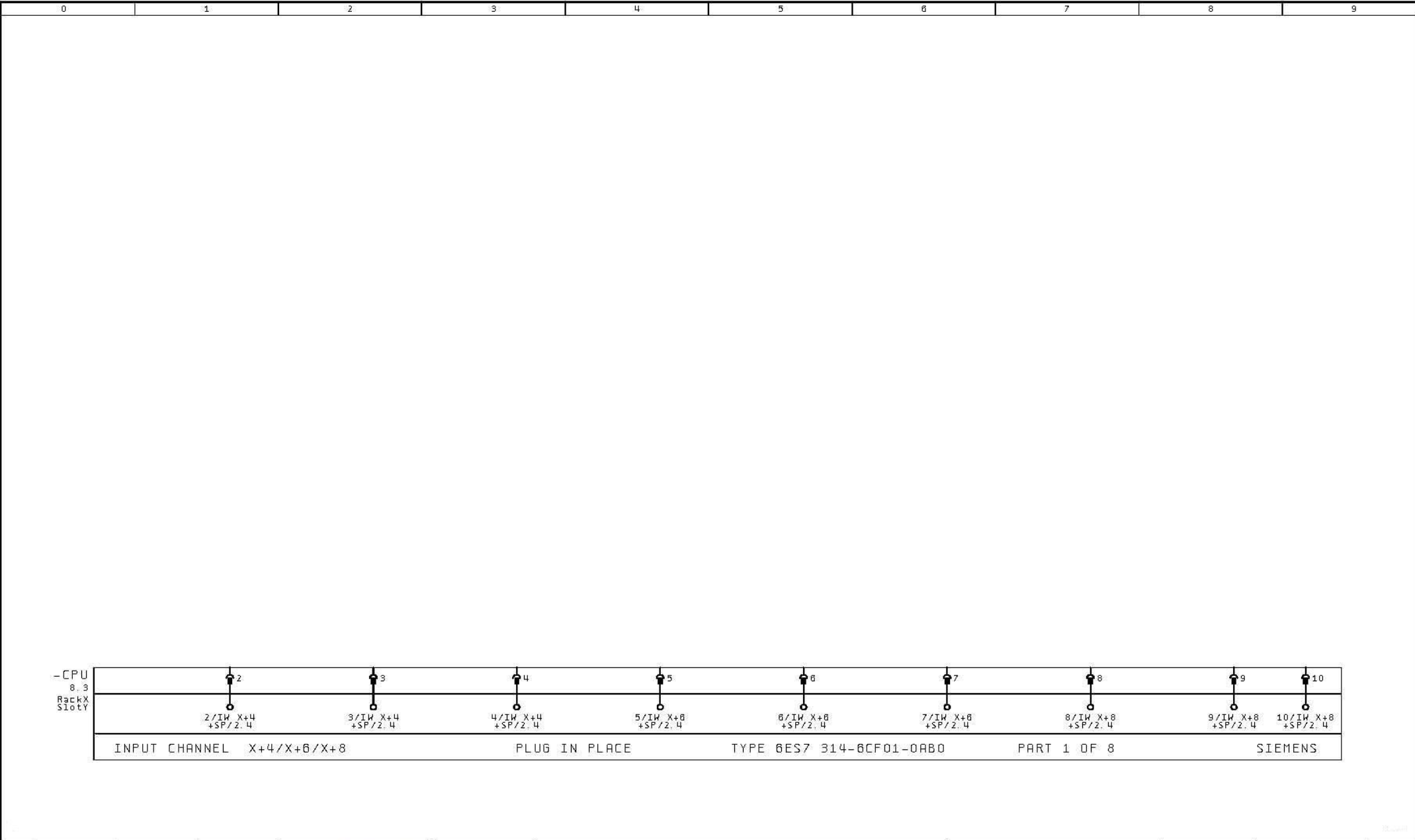


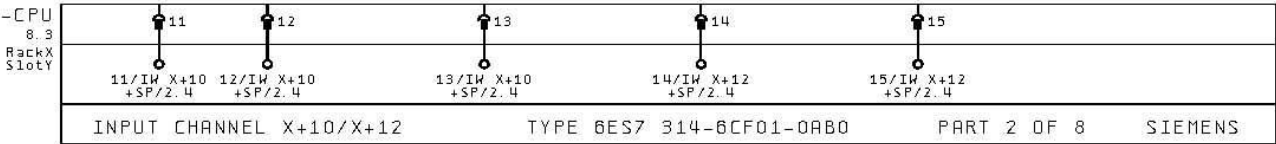


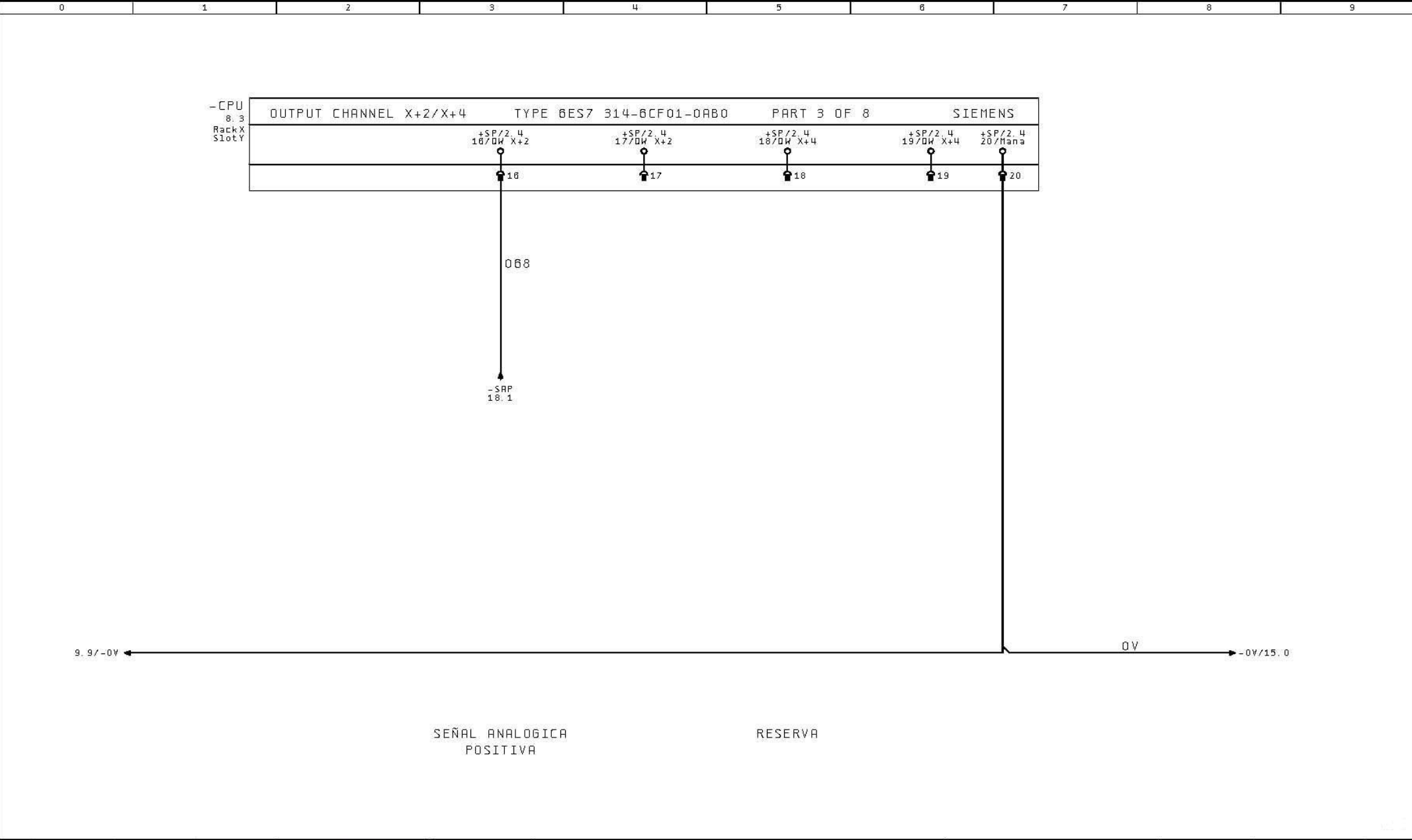


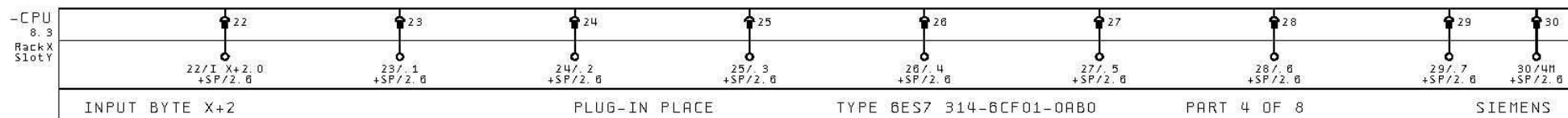


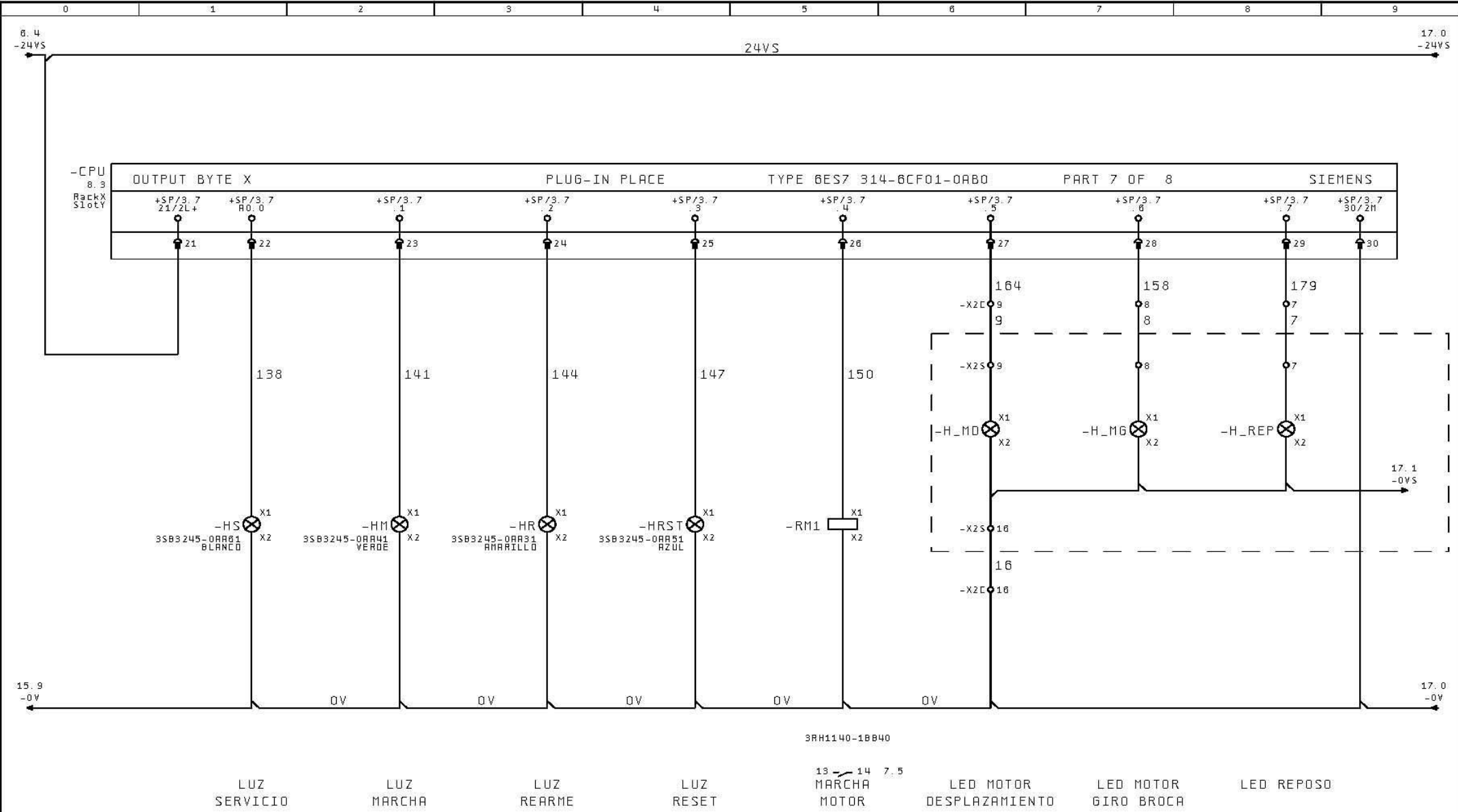












13.0

SIEMENS



SALIDAS DIGITALES -1- MODULO X12

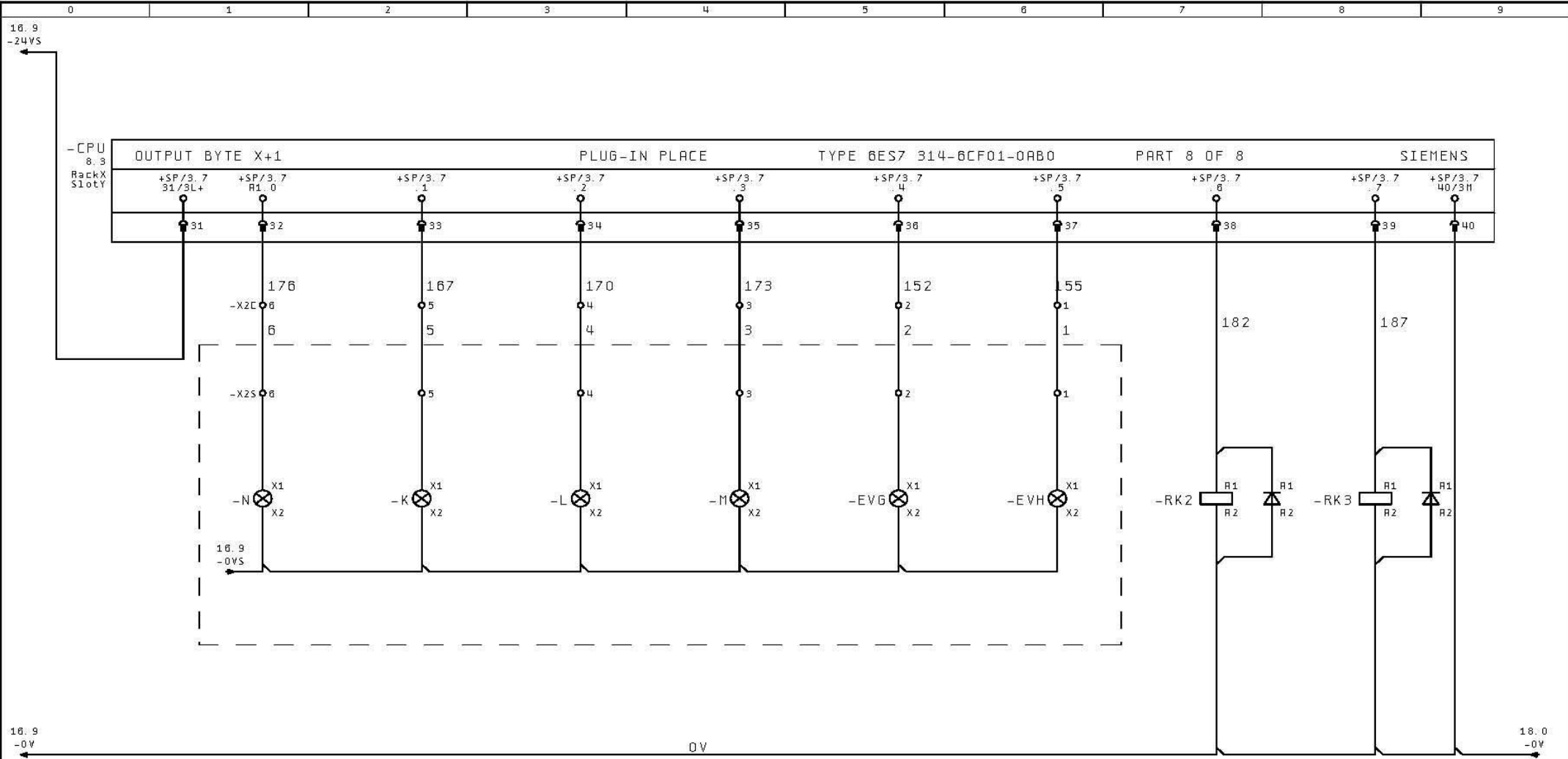
DESIG. INSTAL. PAG.
= C1 + ED / 13 DE 17

NO. REFERENCIA:
07/034
NO. VERSION:
V1.0

NO. PLANO:
E0011009

PAGINA
13
PAGINAS
23

TIPO: ELECTRICAL CAB



LED FIN
DESAHOGO

LED REALIZANDO
TALADRO 1

LED REALIZANDO
TALADRO 2

LED REALIZANDO
TALADRO 3

LED REALIZANDO
AVANCE CILINDRO

LED REALIZANDO
RETROCESO CILINDRO

3RH1140-1BB40

3RH1140-1BB40

13 14 18.2
GIRO
VARIADOR

13 14 18.3
GIRO INVERSO
VARIADOR

SIEMENS



SALIDAS DIGITALES -2- MODULO X12

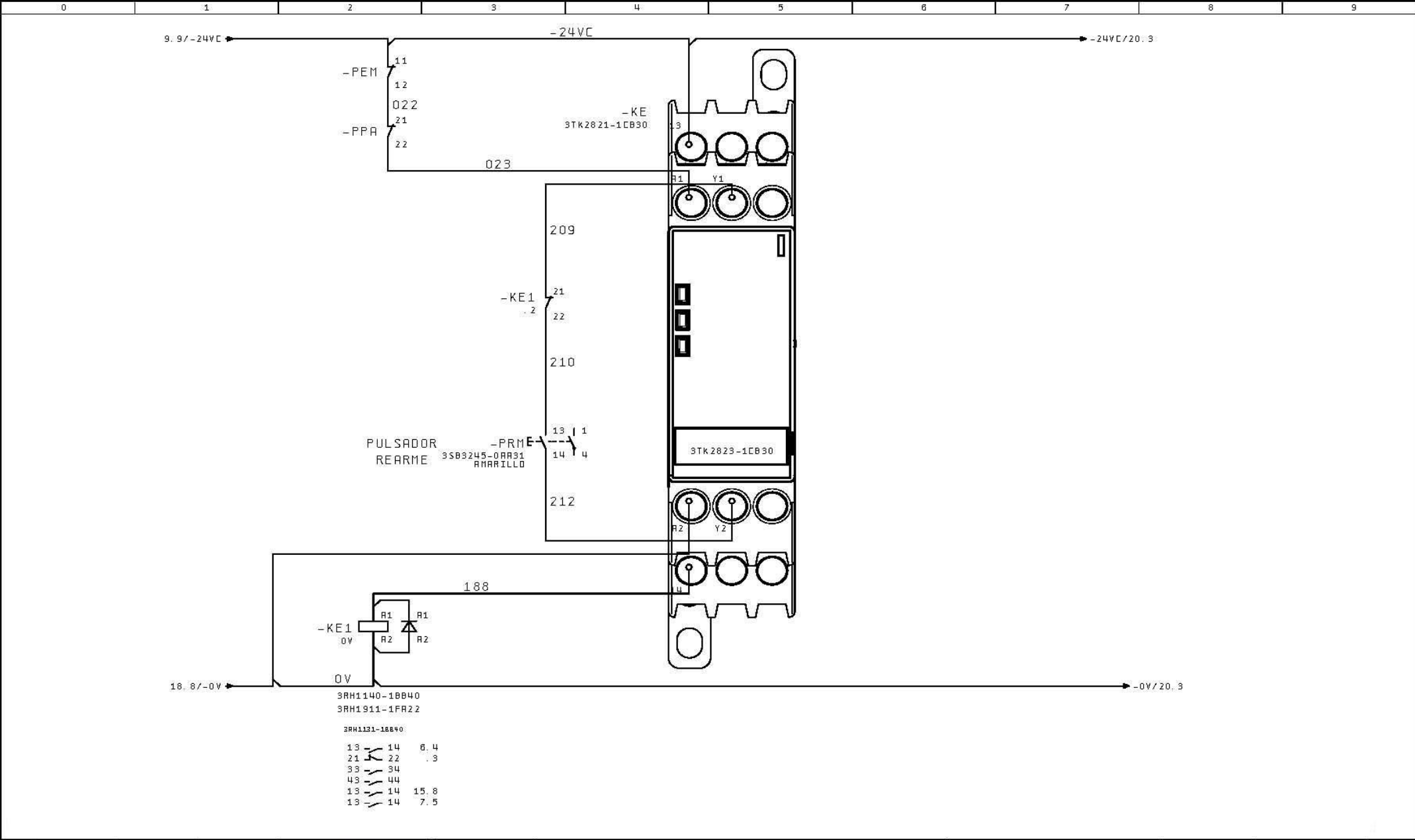
DESIG. INSTAL. PAG.
= C1 + ED / 14 DE 17

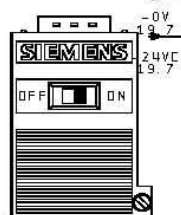
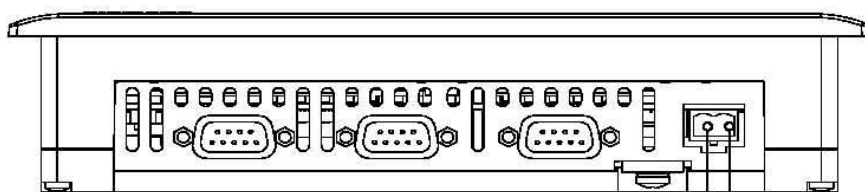
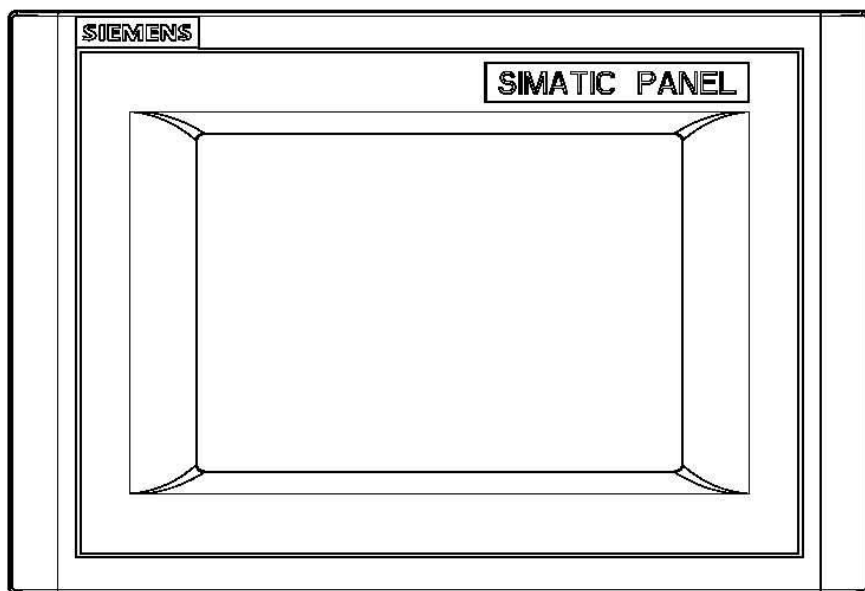
NO. REFERENCIA:
07/034
NO. VERSION:
V1.0

NO. PLANO:
E0011009

PAGINA
14
PAGINAS
23

TIPO: ELECTRICAL CAB



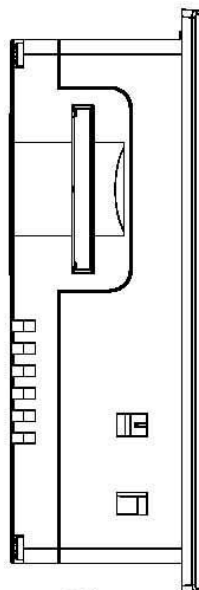


3

2

1

5



7

IF1A



Pin	RS-232
1	-
2	RxD
3	TxD
4	-
5	GND
6	-
7	RTS
8	CTS
9	-

IF2



Pin	RS-232
1	DCD
2	RxD
3	TxD
4	OTR
5	GND
6	DSR
7	RTS
8	CTS
9	-

IF1B



Pin	PROFIBUS-DP MPI	RS-422	RS-485
1	n. c.		
2	n. c.		
3	Data B	TxD (B)	Data B
4	-	RxD (B)	-
5	GND (Sin Potencia)		
6	+5V (Sin Potencia)		
7	n. c.		
8	Data A	TxD (A)	Data A
9	-	RxD (A)	-

No	Denominación	Descripción/utilización	
	Interfase:	Nivel:	Utilización
1	● IF2	RS 232	PC, PB, impresora
2	● IF1A	RS 232	Control
3	● IF1B	RS 485(sin potencial) / RS 422	Control, PC, PB
4	Conexión de masa	Para conectar a la masa del armario	
5	Alimentación de corriente	Conexión para la tensión de alimentación (+24 V DC)	
6	Interruptor	Para configurar la interfase IF1B	
7	Ranura	Tarjeta de memoria (CF Card)	

SIEMENS

ingenia

TP170

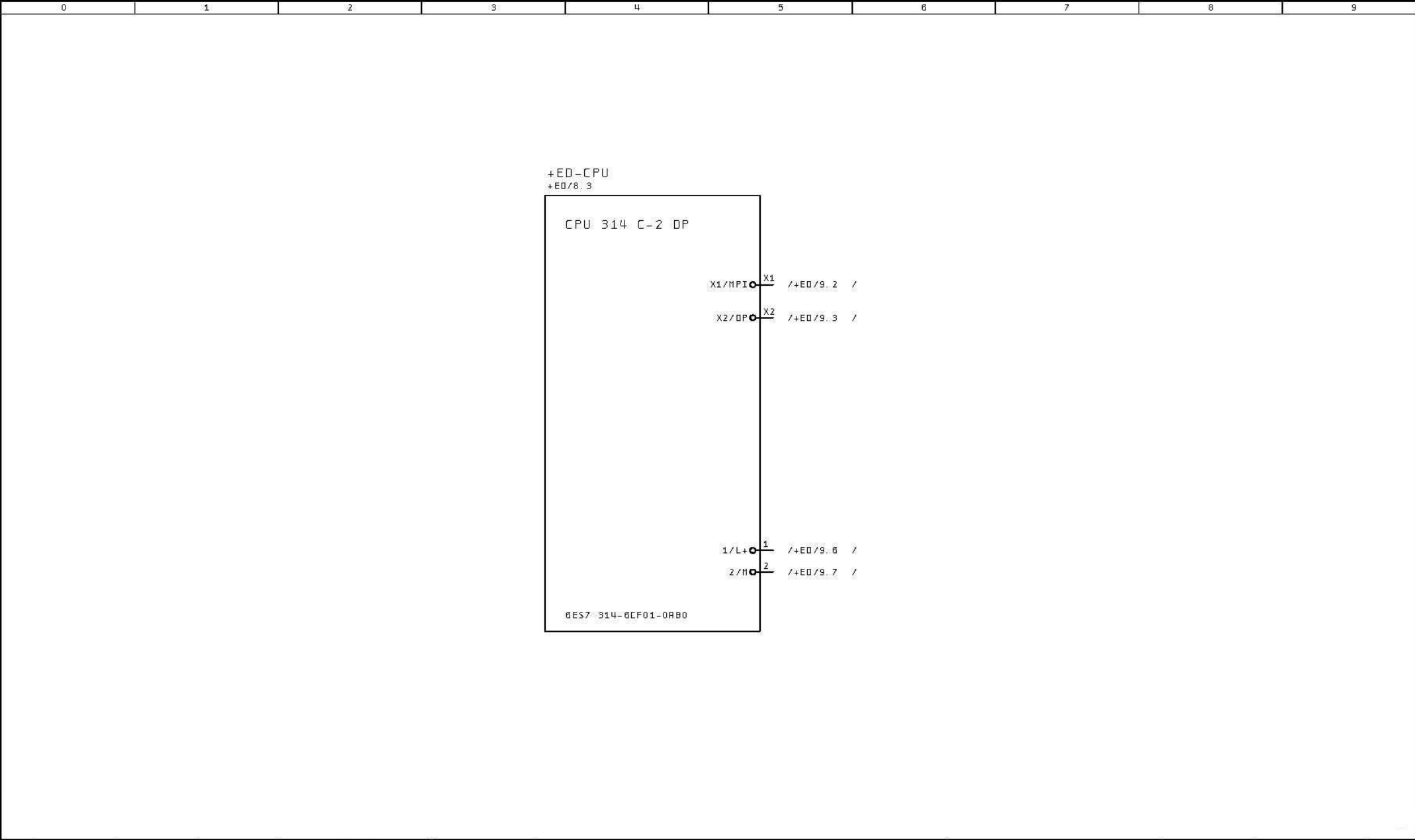
DESIG. INSTAL. PAG.
= C1 + ED / 17 DE 17

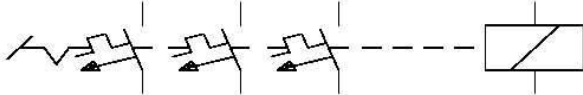
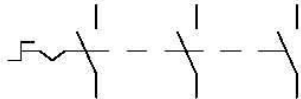
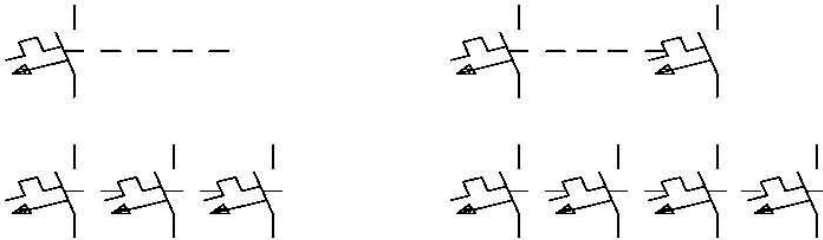
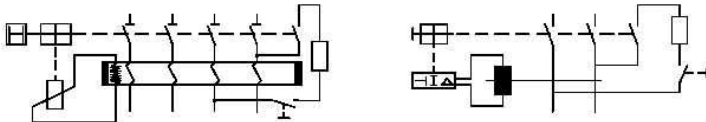
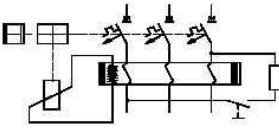


NO. REFERENCIA:
07/034
NO. VERSION:
V1.0

NO. PLANO:
E0011009

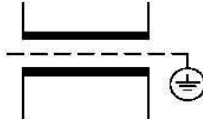
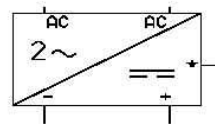
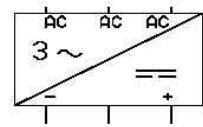
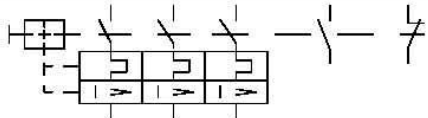




PAGINA
17
PAGINAS
23

TIPO: ELECTRICAL CAB



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. NOMENCLATURA SIMBOLO			2. DESCRIPCION GRAFICA SIMBOLOS			3. COMENTARIOS			
= --- + ED - Q?						INTERRUPTOR PRINCIPAL CON TOROIDAL Y BOBINA DE DISPARO			
= --- + ED - Q?						INTERRUPTOR PRINCIPAL O SECCIONADOR			
= --- + ED - F?						INTERRUPTORES AUTOMATICOS DE PROTECCION DE LINEA			
= --- + ED - F1?						INTERRUPTORES DIFERENCIALES			
= --- + ED - F2?						INTERRUPTORES DIFERENCIALES ACOPLADOS A AUTOMATICOS			
						LEYENDA DE SIMBOLOS			
						DESIG.	INSTAL.	PAG.	NO. REFERENCIA:
						= C1	+ IP	/ 1 DE 2	07/034
							TIPO: ELECTRICAL CAE		
									NO. PLANO:
									E0011009
									PAGINA
									22
									PAGINAS
									23

Copying of this document on saving it to others and the use or communication of the contents thereof are forbidden without express authority. Offenders are liable to payment of damages. All rights are reserved in the event of the grant of patent or the registration of a utility model or design.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. NOMENCLATURA SIMBOLO			2. DESCRIPCION GRAFICA SIMBOLOS			3. COMENTARIOS			
= --- + ED - T?						INTERRUPTOR PRINCIPAL CON TOROIDAL Y BOBINA DE DISPARO			
= --- + ED - G?			 			INTERRUPTOR PRINCIPAL O SECCIONADOR			
= --- + ED - Q?						DISYUNTOR DE PROTECCION DE MOTORES			
= --- + ED - K?						BOBINA DE CONTACTOR O RELE			
= --- + ED - RE?						RESISTENCIA DE CALDEO			
= --- + ED - VE?						VENTILADOR			
= --- + ED - X?						BORNES			

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

1

2

3

4

5

6

APÉNDICE B

Programa de automatización desarrollado.

B 1. INTRODUCCIÓN

El presente anexo muestra el código KOP de los programas de autómatas desarrollados para el control y el funcionamiento correcto del puesto de mecanizado.

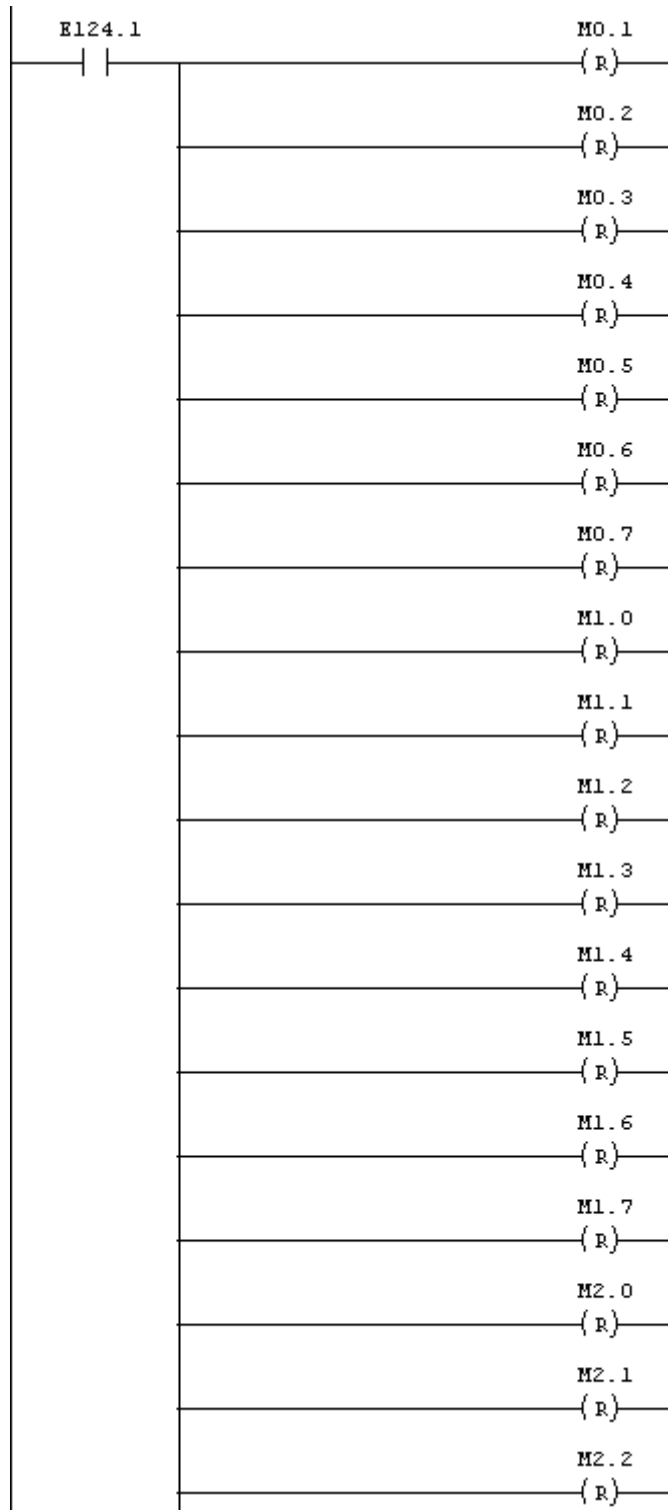
Como ya se ha visto en el capítulo de Automatización del puesto el programa está estructurado en un programa OB1 que va llamando a los distintos FCs que llevan a cabo las distintas tareas de control y supervisión del puesto de mecanizado. Todos ellos aparecen en este anexo.

Además, también se incluyen los bloques de datos implementados para el intercambio de información entre autómatas y el panel de operador.

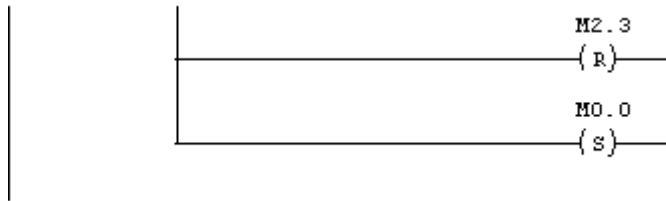
B 2. PROGRAMAS DESARROLLADOS EN EL 314 2DP**OB1: Inicialización, llamada a funciones y emergencia.**

OB1 : INICIALIZACIÓN, LLAMADA A FUNCIONES Y EMERGENCIA

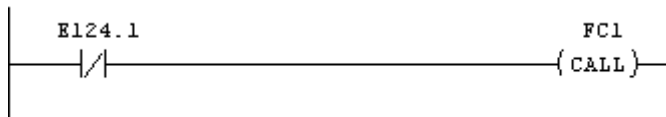
Segm. 1: Reset marcas de estado



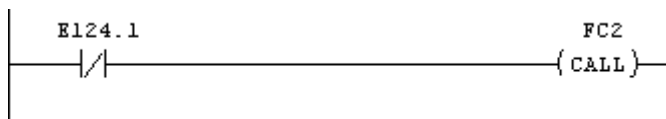
Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado



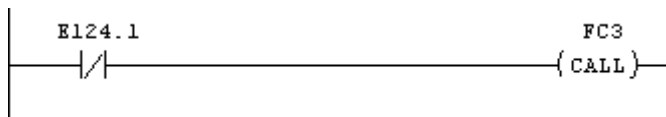
Segm. 2: FC1: Puesta en servicio, selección de proceso y emergencia



Segm. 3: FC2: Ciclo automático



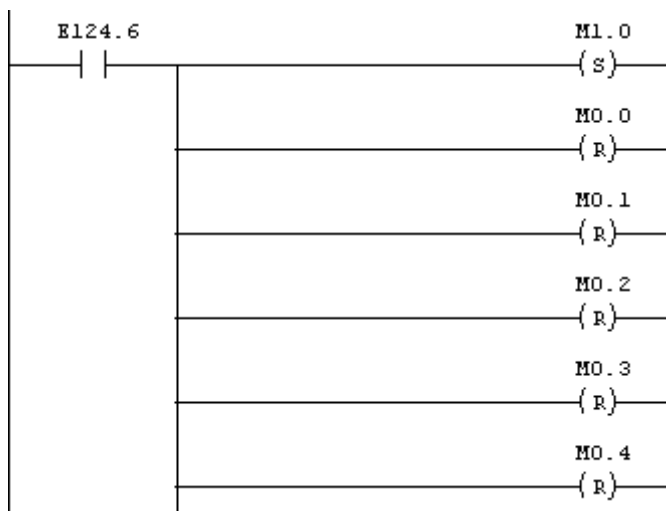
Segm. 4: FC3: Ciclo Manual

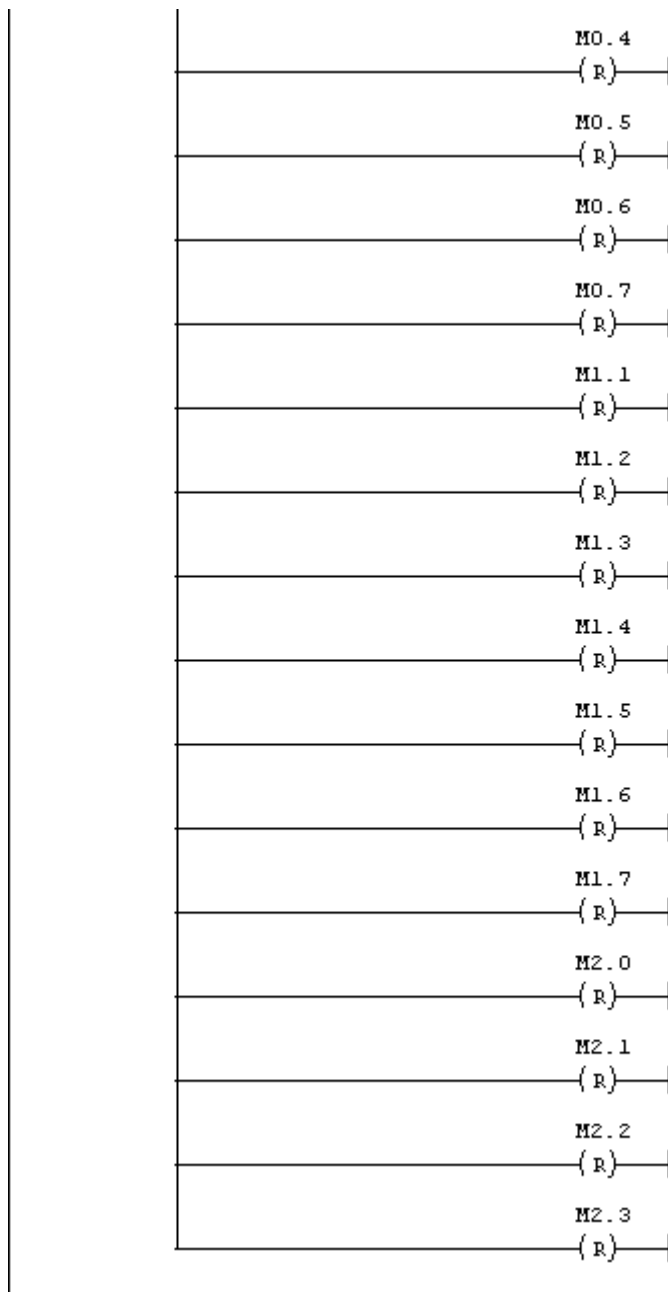


Segm. 5: FC4: Activación de señales y salidas

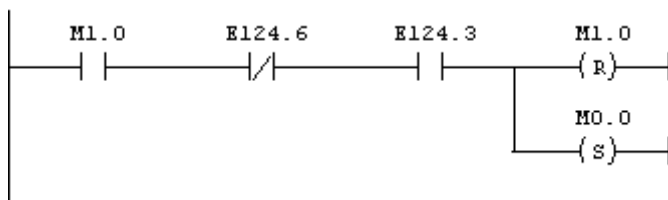


Segm. 6: Entrada en emergencia



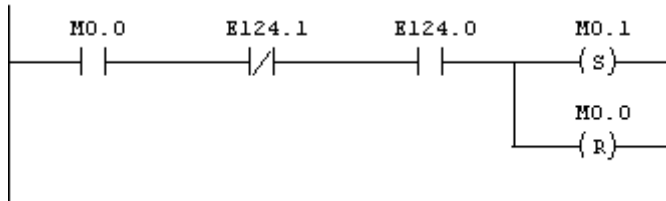


Segm. 7: Rearme tras emergencia



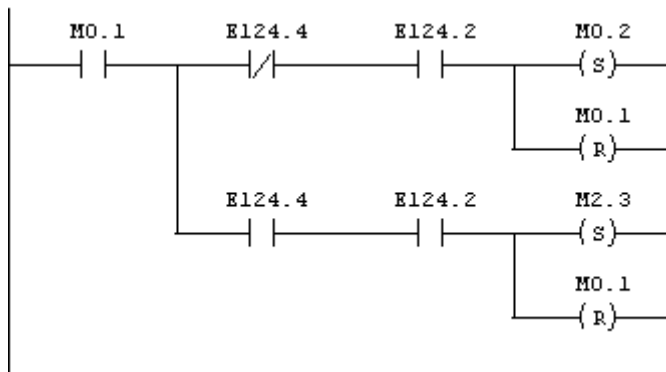
FC1: Puesta en servicio y selección de proceso.

FC1: PUESTA EN SERVICIO Y SELECCIÓN DE PROCESO

Segm. 1: Puesta en servicio**Segm. 2:** Selección de proceso

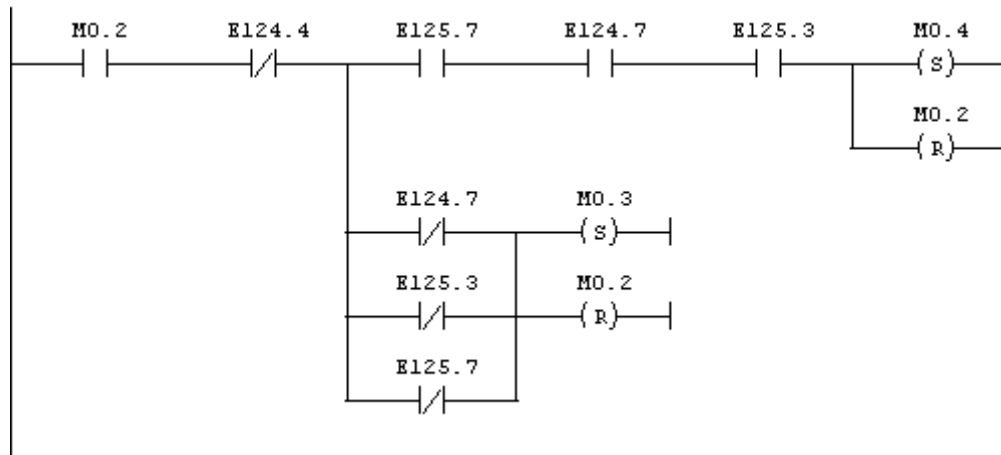
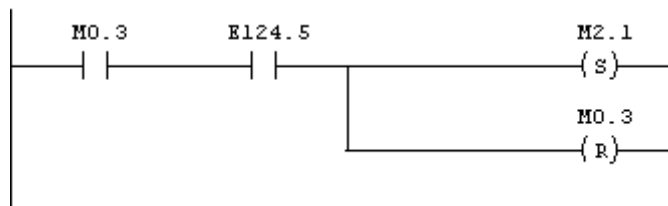
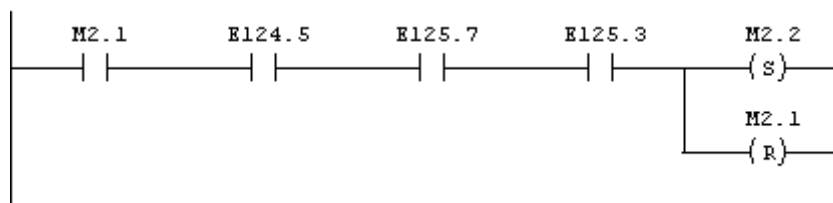
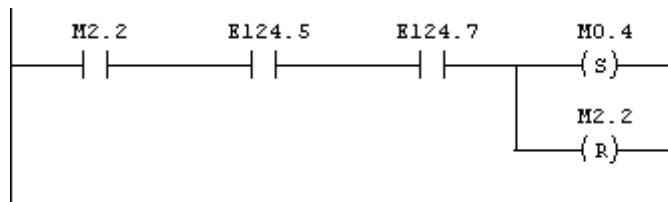
Automático => Estado M0.2

Manual => Estado M2.3

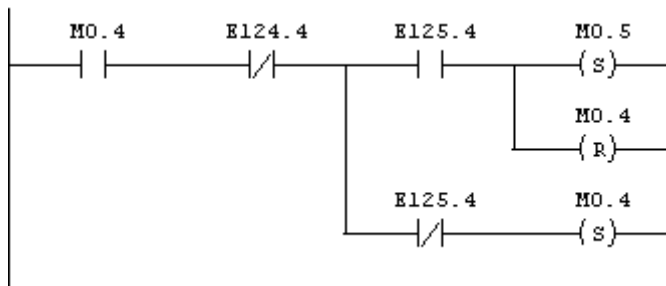


FC2: Ciclo Automático.

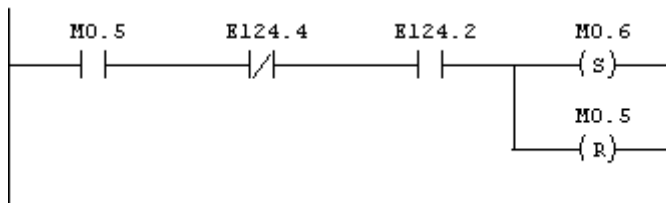
FC2 : CICLO AUTOMÁTICO

Segm. 1: Comprobación de condiciones iniciales.**Segm. 2:** Pulsación de reset para ir a C.I.**Segm. 3:** Retroceso de Cilindro Pisador.**Segm. 4:** Retroceso Unidad de Mecanizado.

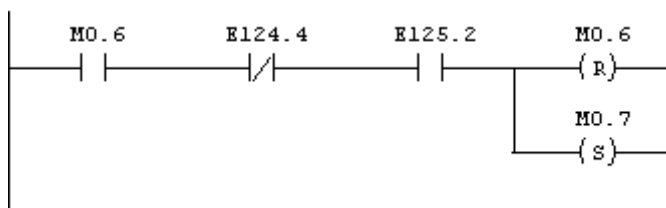
Segm. 5: Detección de pieza.



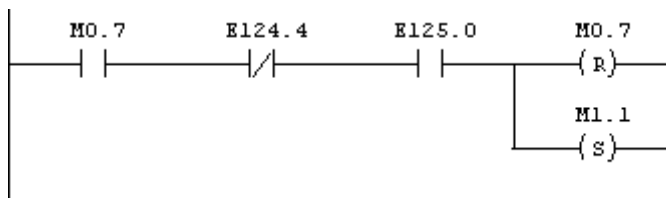
Segm. 6: Pieza detectada.



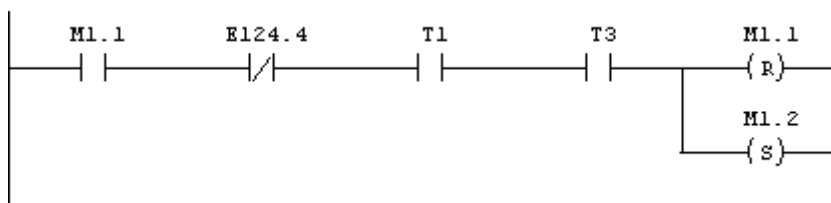
Segm. 7: Comienzo de ciclo. Avance de Cilindro Pisador.



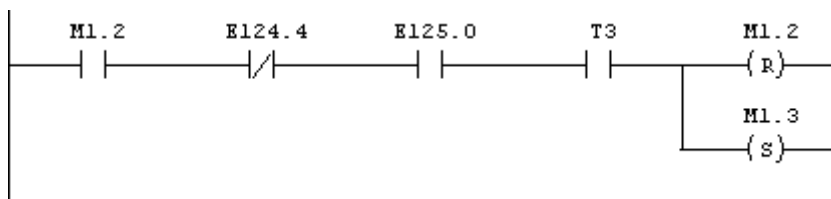
Segm. 8: Aproximación de Unidad de Mecanizado.



Segm. 9: Realización de Taladro 1.

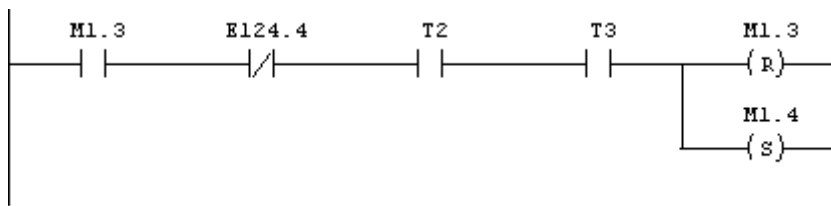


Segm. 10: Retroceso de Unidad de Mecanizado tras Taladro 1.

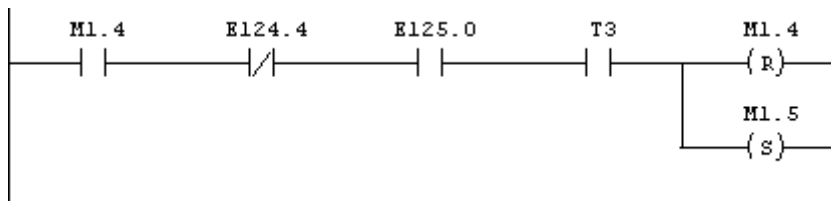


Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

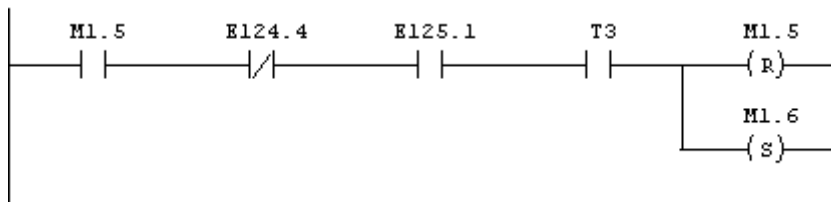
Segm. 11: Realización de Taladro 2.



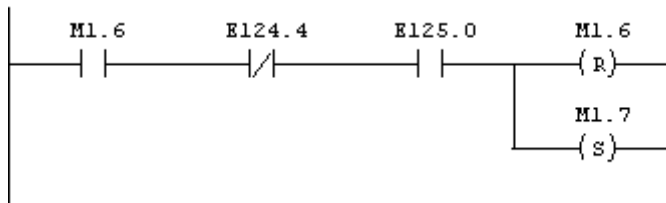
Segm. 12: Retroceso de Unidad de Mecanizado tras Taladro 2.



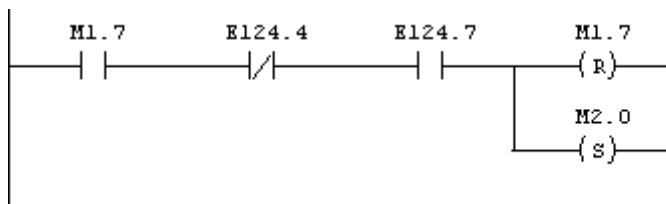
Segm. 13: Realización de Taladro 3.



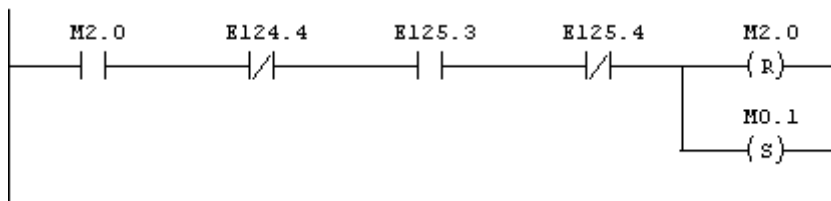
Segm. 14: Retroceso de Unidad de Mecanizado tras Taladro 3.



Segm. 15: Retroceso de Unidad de Mecanizado y Cilindro a reposo.

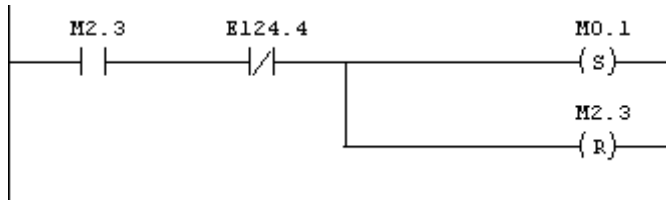


Segm. 16: Retroceso de Cilindro y retirada de pieza. Fin de Ciclo.



FC3: Ciclo Manual

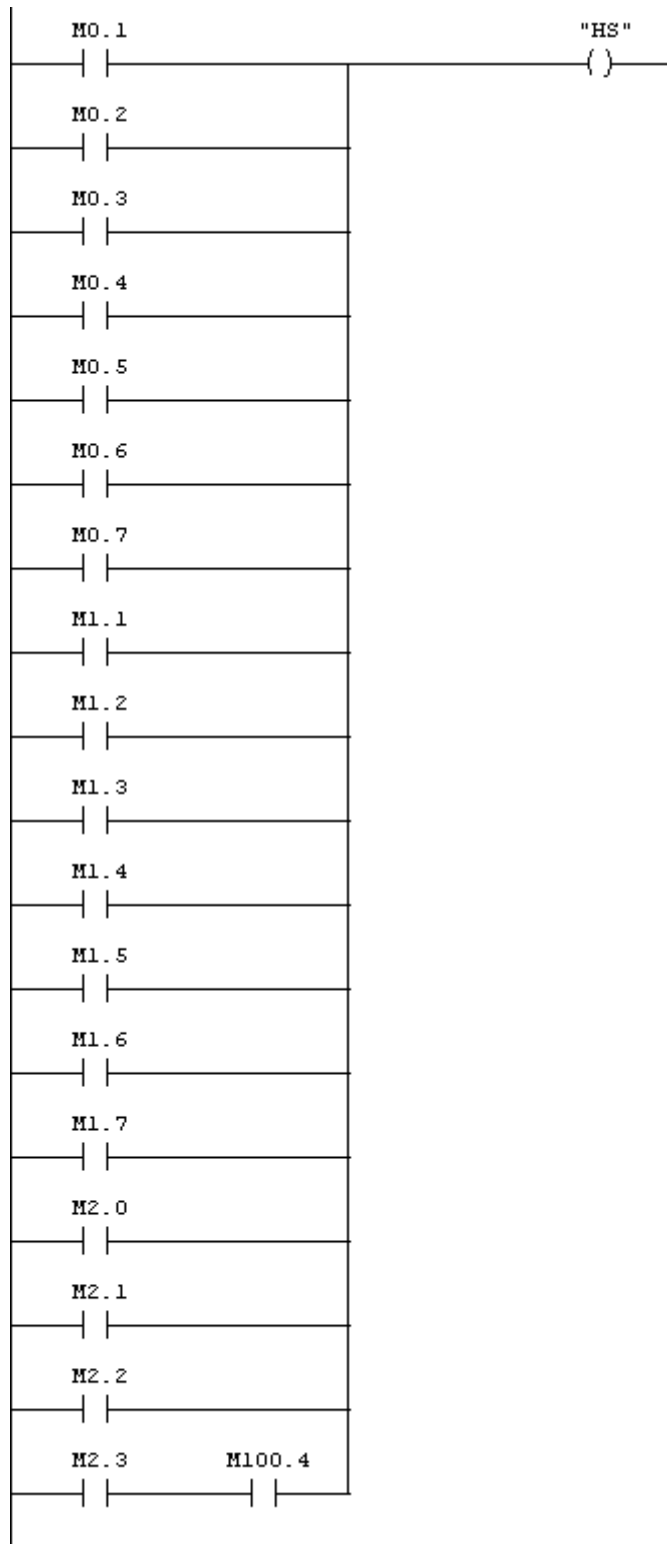
FC3 : CICLO MANUAL

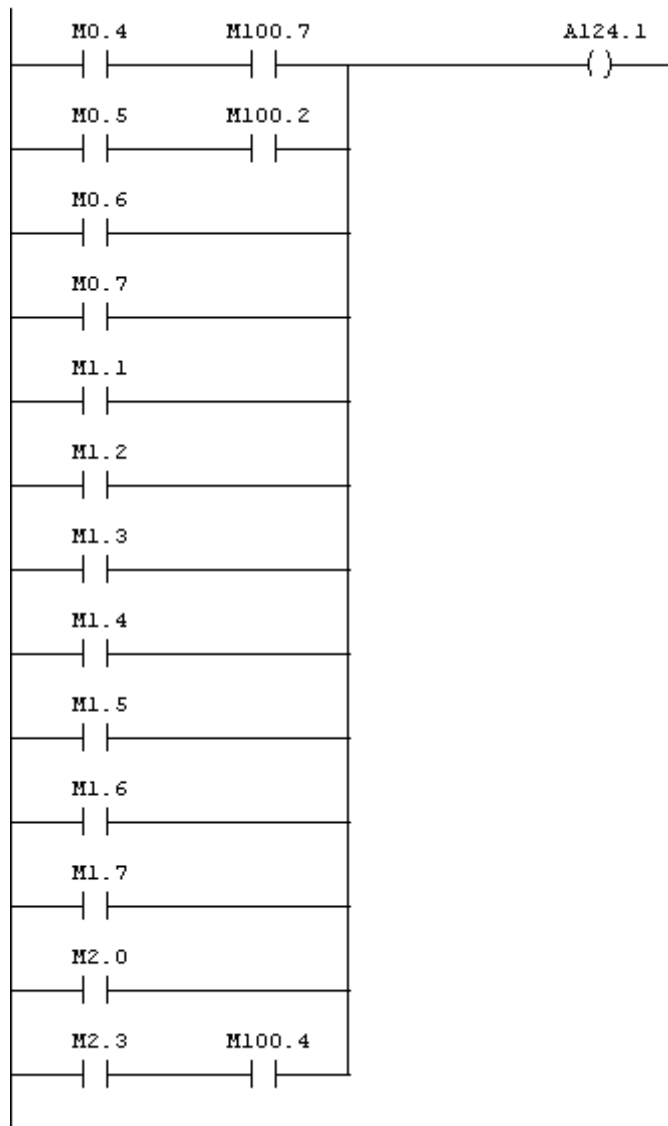
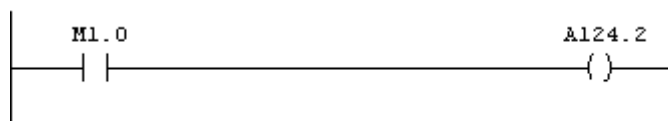
Segm. 1: Ciclo de mecanizado manual.

FC4: Activación de salidas.

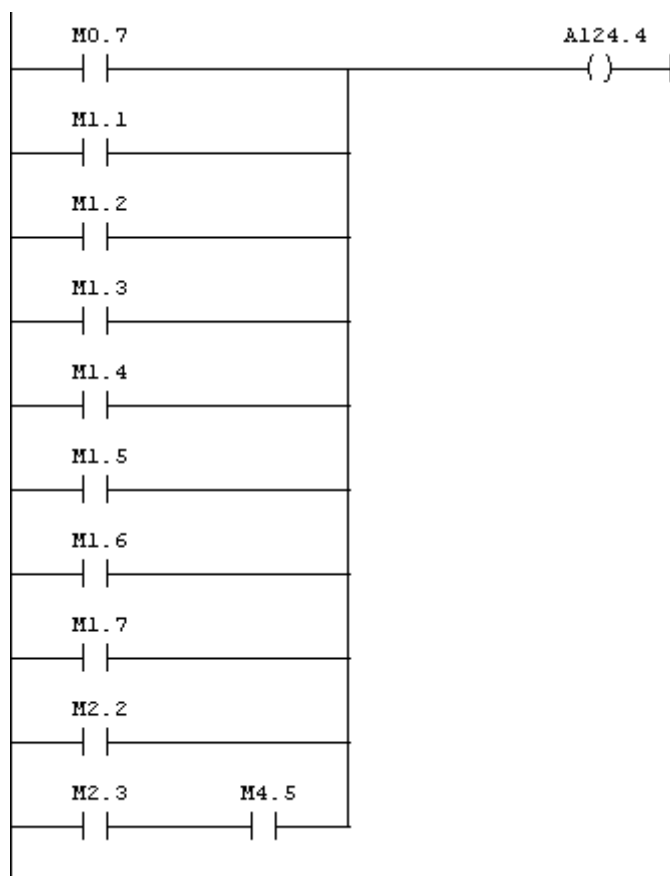
FC4 : ACTIVACIÓN DE SALIDAS

Segm. 1: Luz de Servicio.

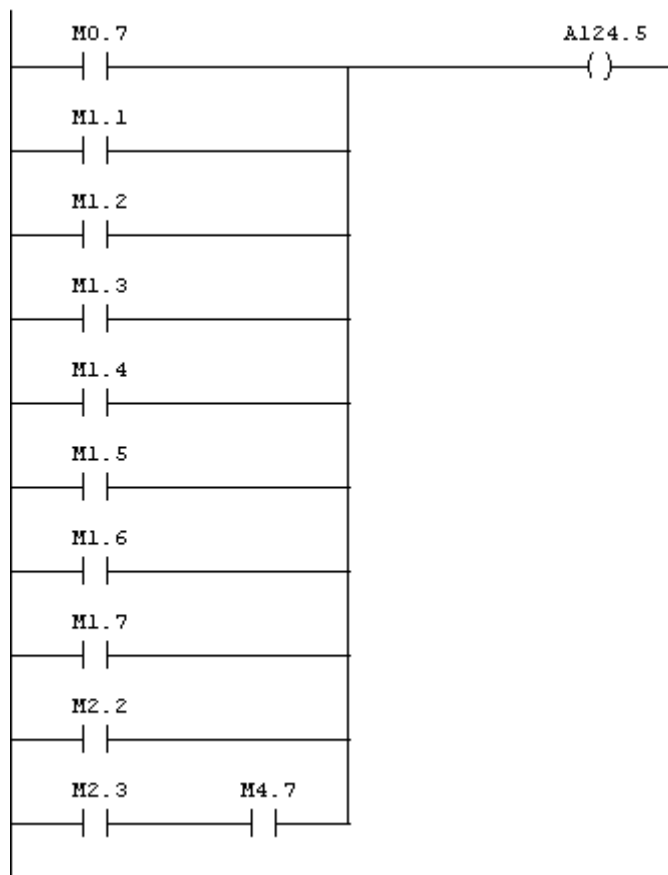


Segm. 2: Luz de Marcha.**Segm. 3:** Luz de Rearme.**Segm. 4:** Luz de Reset.

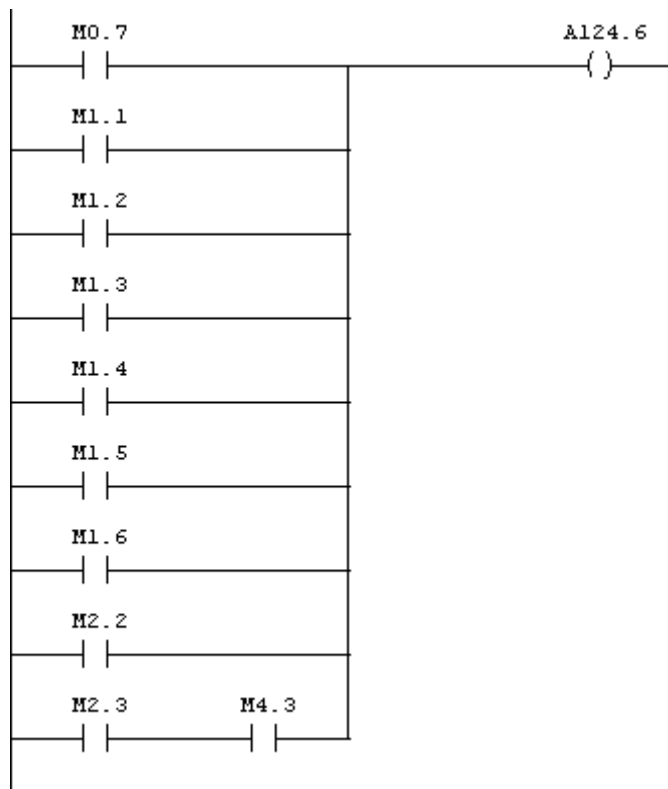
Segm. 5: Contactor alimentación motor.



Segm. 6: Led indicación de movimiento del motor de desplazamiento.



Segm. 7: Led indicación de movimiento del motor giro de broca

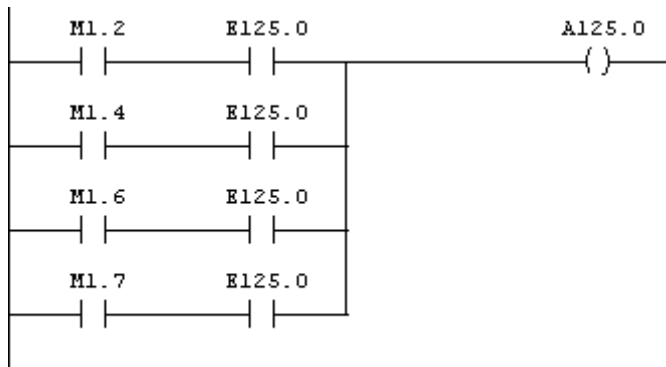


Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

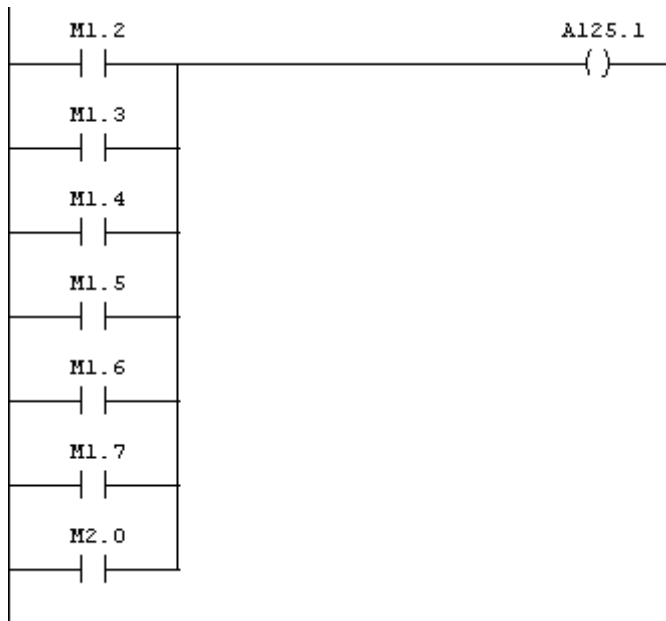
Segm. 8: Led Reposo.



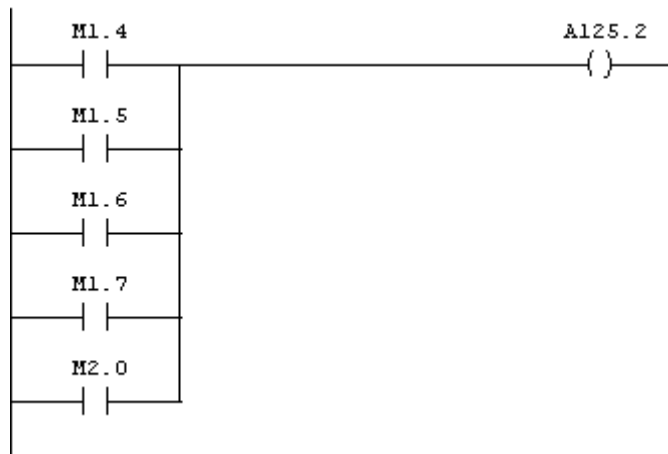
Segm. 9: Led indicación fin desahogo



Segm. 10: Led realizado taladro 1.



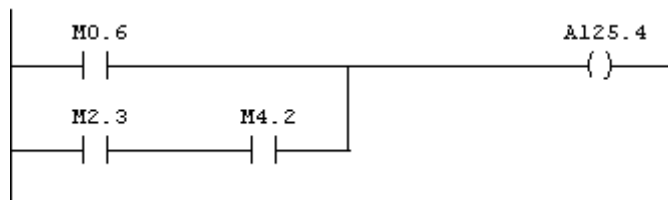
Segm. 11: Led realizado taladro 2.



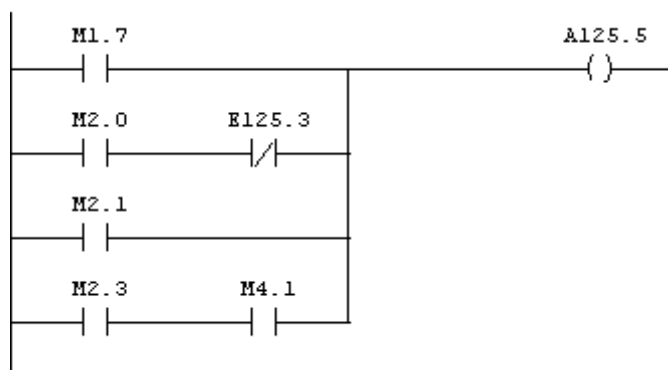
Segm. 12: Led realizado taladro 3.



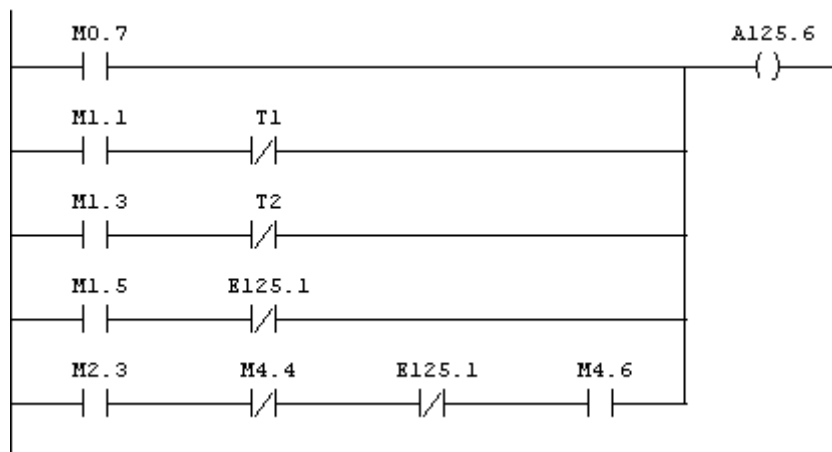
Segm. 13: Led indicación avance cilindro pisador.



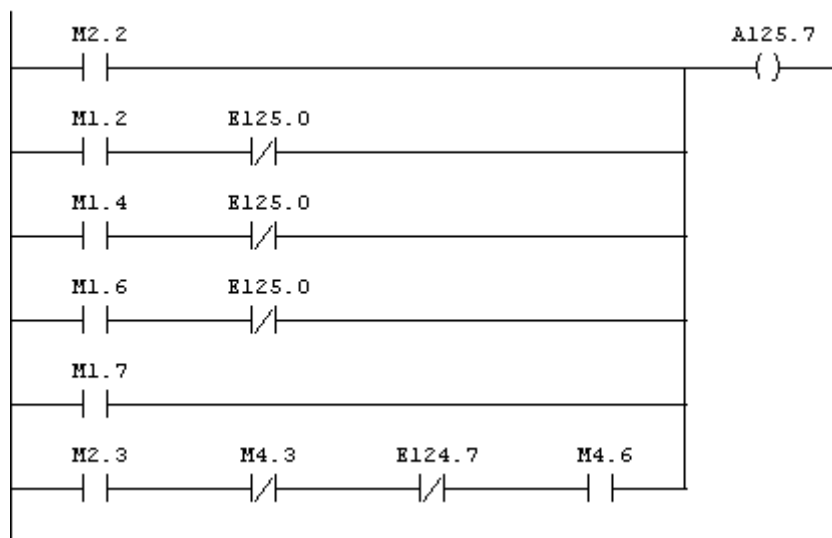
Segm. 14: Led indicación retroceso cilindro pisador



Segm. 15: Giro variador.



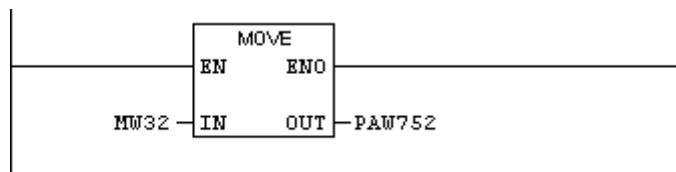
Segm. 16: Giro inverso variador.



Segm. 17: Velocidad del motor de desplazamiento

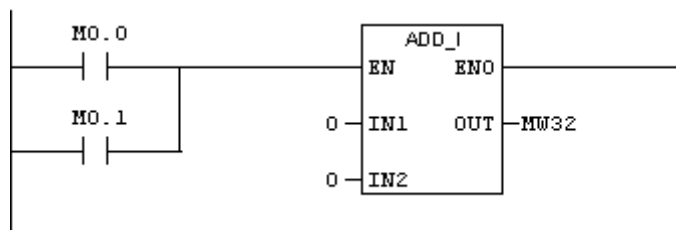
SALIDA ANALÓGICA.

TRANSFERENCIA DE LA VELOCIDAD DEL MOTOR A LA SALIDA ANALÓGICA



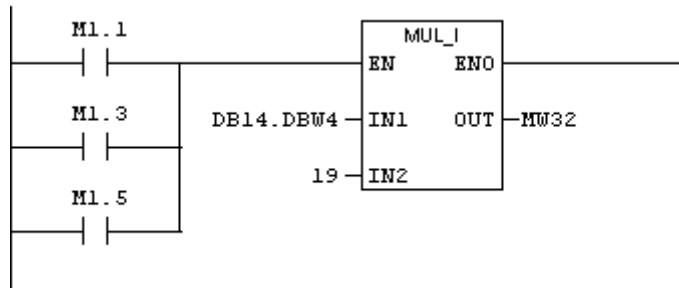
Segm. 18: Velocidad del motor en reposo.

VELOCIDAD = 0 rpm.

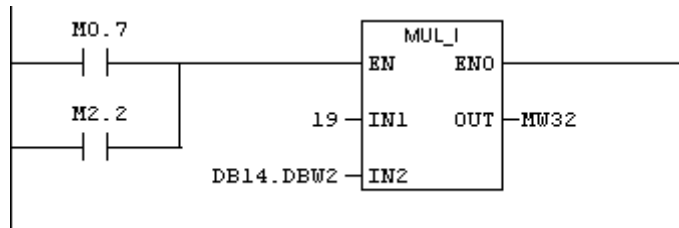


Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

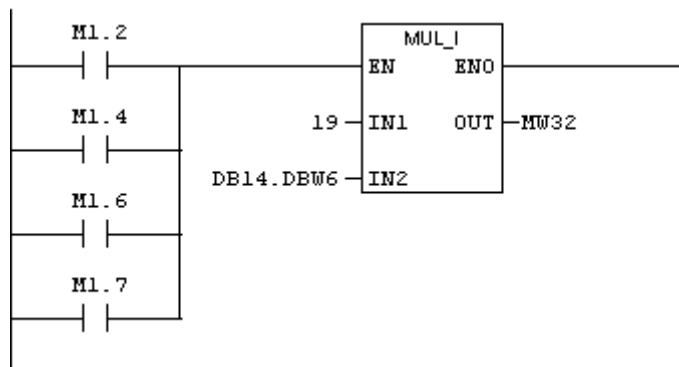
Segm. 19: Velocidad del motor en trabajo.
Por defecto 450 rpm.



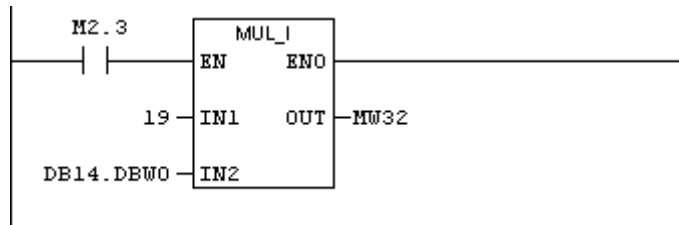
Segm. 20: Velocidad del motor en avance.
Por defecto 900 rpm.



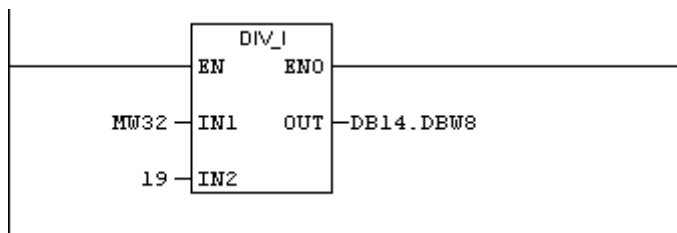
Segm. 21: Velocidad del motor en retroceso.
Por defecto 1350 rpm.



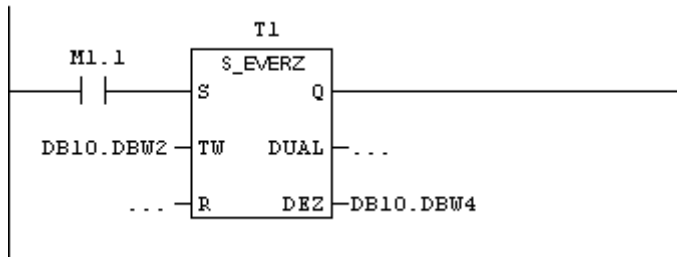
Segm. 22: Velocidad del motor en ciclo manual.
Por defecto 0 rpm.



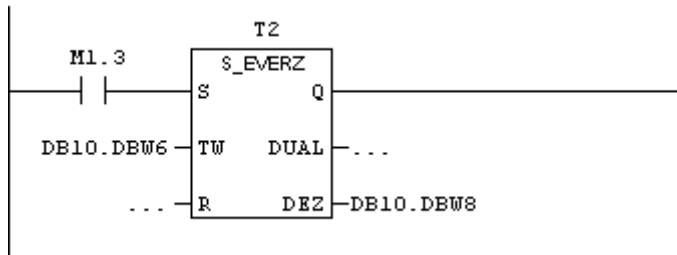
Segm. 23: Velocidad actual del motor.



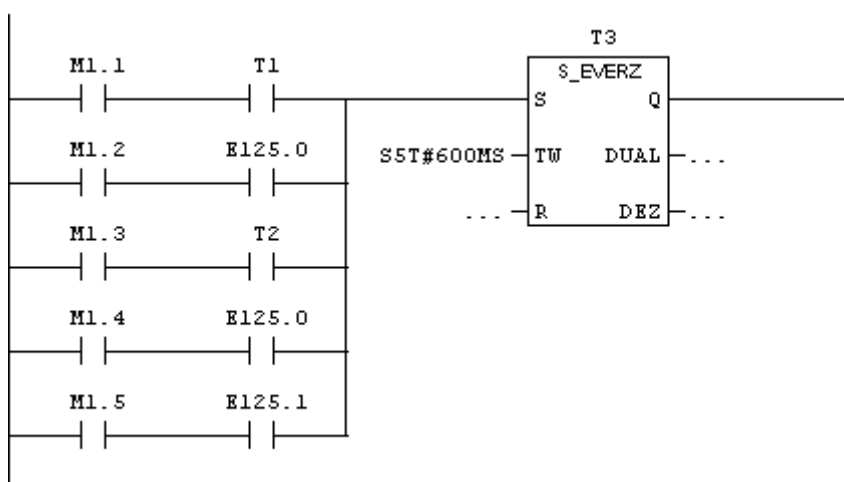
Segm. 24: Temporizador 1.
Profundidad del taladro 1.



Segm. 25: Temporizador 2.
Profundidad del taladro 2.

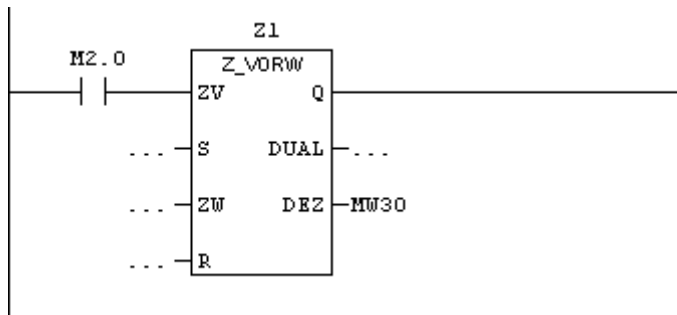


Segm. 26: Temporizador 3.
Retardo para inversión del sentido de giro del motor.



Segm. 27: Contador 1

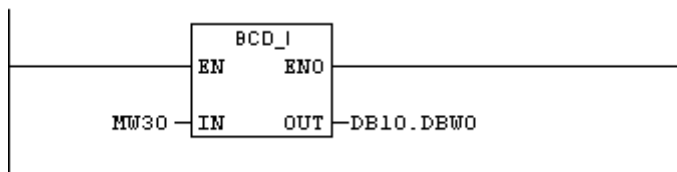
Piezas taladradas correctamente.



Segm. 28: Reset contador 1.



Segm. 29: Conversión del contador 1 de BCD a Entero.



Segm. 30: Aviso de servicio 0.

Relé térmico disparado!!!



Segm. 31: Aviso de servicio 1.

EMERGENCIA!!!



Segm. 32: Aviso de servicio 2.

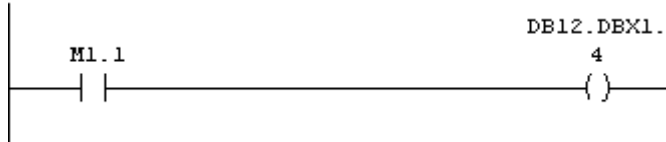
Cilindro pisador en avance sujeta pieza.



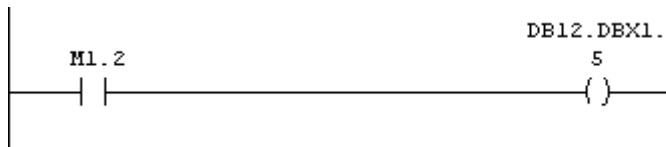
Segm. 33: Aviso de servicio 3.
Avance unidad de mecanizado a velocidad...



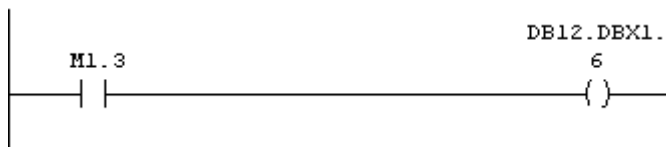
Segm. 34: Aviso de servicio 4.
Unidad de mecanizado para taladro 1.



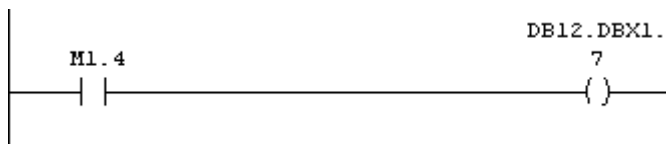
Segm. 35: Aviso de servicio 5.
Fin taladro 1 desahogando, retirando unidad de mecanizado.



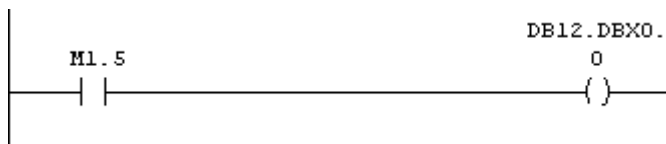
Segm. 36: Aviso de servicio 6.
Unidad de mecanizado para taladro 2.



Segm. 37: Aviso de servicio 7.
Fin taladro 2 desahogando, retirando unidad de mecanizado.



Segm. 38: Aviso de servicio 8.
Unidad de mecanizado para taladro 3.



Segm. 39: Aviso de servicio 9.
Fin taladro 3 desahogando, retirando unidad de mecanizado.



Cableado y puesta en marcha de puesto de laboratorio de automatización. Mecanizado de taladro automatizado

Segm. 40: Aviso de servicio 10.
Esperando la extracción de pieza.



Segm. 41: Aviso de servicio 11.
Esperando orden mediante el pulsador de marcha.



Segm. 42: Aviso de servicio 12.
Esperando colocación de nueva pieza a taladrar.



Segm. 43: Aviso de servicio 13.
Esperando a accionar el pulsador de servicio.



DB10: Contador de piezas y temporizadores.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	piezas	WORD	W#16#0	numero de piezas correctamente taladradas
+2.0	temporizador	S5TIME	S5T#5S	valor cargado en T1
+4.0	temporizador_1	S5TIME	S5T#0MS	valor actual de T1
+6.0	temporizador_2	S5TIME	S5T#10S	valor cargado en T2
+8.0	temporizador_3	S5TIME	S5T#0MS	valor actual de T2
=10.0		END_STRUCT		

DB12: Avisos de servicio.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	Avisoservicio8	BOOL	FALSE	Unidad de mecanizado para taladro 2 a velocidad...
+0.1	Avisoservicio9	BOOL	FALSE	Fin taladro 3 desahogando, retirando unidad de mecanizado
+0.2	Avisoservicio10	BOOL	FALSE	Esperando la extraccion de la pieza
+0.3	Avisoservicio11	BOOL	FALSE	Esperando orden mediante el pulsador de marcha
+0.4	Avisoservicio12	BOOL	FALSE	Esperando la colocacion de nueva pieza a taladrar
+0.5	Avisoservicio13	BOOL	FALSE	Esperando a accionar el pulsador de servicio
+0.6	nada	BOOL	FALSE	Bit libre
+0.7	nadal	BOOL	FALSE	Bit libre
+1.0	Avisoservicio0	BOOL	FALSE	Bele termico disparado!!!
+1.1	Avisoservicio1	BOOL	FALSE	Emergencia!!!
+1.2	Avisoservicio2	BOOL	FALSE	Cilindro pisador en avance sujeta pieza
+1.3	Avisoservicio3	BOOL	FALSE	Avance unidad de mecanizado a velocidad {Velocidad_actual} rpm
+1.4	Avisoservicio4	BOOL	FALSE	Unidad de mecanizado para taladro 1 a velocidad...
+1.5	Avisoservicio5	BOOL	FALSE	Fin taladro 1 desahogando, retirando unidad de mecanizado
+1.6	Avisoservicio6	BOOL	FALSE	Unidad de mecanizado para taladro 2 a velocidad...
+1.7	Avisoservicio7	BOOL	FALSE	Fin taladro 2 desahogando, retirando unidad de mecanizado
=2.0		END_STRUCT		

DB14: Velocidades.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	V_MOT1	INT	200	Velocidad motor manual
+2.0	V_MOT2	INT	900	Velocidad motor avance
+4.0	V_MOT3	INT	450	Velocidad motor trabajo
+6.0	V_MOT4	INT	1350	Velocidad motor retroceso
+8.0	V_MOTA	INT	0	Velocidad actual motor
=10.0		END_STRUCT		

Bibliografía.

- **Ingeniería de la automatización industrial.** Piedrafita Moreno, Ramón. Ed. Ra-Ma.
- **Automatización: problemas resueltos con autómatas programables.** Romera Ramírez, Juan Pedro. Ed. Paraninfo.
- Siemens SIMATIC. Manual de sistema de automatización S7-300.
- Siemens Micromaster. Manual de Micromaster 420.
- <http://www.siemens.com>
- www.automation.siemens.com
- <http://support.automation.siemens.com>
- <http://www.infoplc.net/>
- <http://www.automatas.org/>